Digitaler Studiomonitor

O 500 C

Handbuch und Bedienungsanleitung

058-D0086
Version 150604
Eprom KH 1.051



KLEIN + HUMMEL GmbH
Zeppelinstr. 12 73760 Ostfildern/Germany

Tel.: + 49 - (0)711 - 45893 - 0
Fax: + 49 - (0)711 - 45893 - 35
email: info@klein-hummel.de
http://www.klein-hummel.de



Bild 1/1 Frontseite



Bild 1/2 Rückseite



Bild 1/3 IR Fernbedienung RC-55

Inhaltsverzeichnis:

1.1 Vorteile digital kontrollierter Lautsprechersysteme

- Verbesserung des Frequenzganges, z.B. absolut linear von 30 Hz – 20 kHz oder jeder gewünschte Frequenzgang möglich

- Realisierung beliebiger Phasenverläufe (z.B. linear-, minimalphasig, ...) mit den daraus resultierenden Gruppenlaufzeiten (konstant, kontinuierlich fallend ...)

- Ein- und Ausschwingzeiten werden erheblich verbessert

- Präzisere Stereoortung, da praktisch keine Paarabweichung existiert

- Programmierte Entzerrungen für unterschiedliche Anforderungen lassen sich schnell abrufen

- Es können quasi beliebig viele Vorentzerrungen für unterschiedliche Aufstellbedingungen des Lautsprechersystems (Ortsanpassungskurven) mit eingespeichert werden, wie z.B. für unterschiedliche Abhörpositionen, Mix- oder Demonstrationsbetrieb usw.

- Die Lautsprecher können bei unterschiedlicher Abhördistanz individuell verzögert werden

- Möglichkeit zusätzlicher Gesamtverzögerungen z.B. beim Zusammenspiel mit digitaler Bildbearbeitung, als Delayline bei Beschallungsaufgaben, Laufzeitausgleich bei Surround-Setups usw.

- Die Flankensteilheit bei den Übernahmefrequenzen kann ca. 96 dB/Okt. betragen (annähernd ideal), dadurch ist der Frequenzbereich, der von den beiden Lautsprechern gemeinsam übertragen wird nur wenige Hz breit, was folgende Vorteile hat:
  1. der Übertragungsbereich der einzelnen Chassis kann optimal ausgenutzt werden
  2. im Übernahmebereich werden in der Vertikalen Phasenauslöschungen weitestgehend vermieden
  3. es kann für jeden Treiber ein die Richtcharakteristik (Directivity) betreffend ideales Horn gewählt werden (unterschiedliche Horntiefen und damit Laufzeitdifferenzen können ausgeglichen werden)

  ⇨Die Richtcharakteristik (Directivity) kann sowohl horizontal als auch vertikal nahezu ideal gestaltet werden!

- Probleme durch Resonanzen und Reflexionen im Abhörraum können bei tiefen Frequenzen in hohem Maße ausgeglichen werden (Einmessen des Systems im Abhörraum erforderlich)

- Zum Schutz der Lautsprecher gegen Überlastung sind Limiter vorhanden, die sowohl den kurzzeitigen Maximalpegel als auch die Dauerleistung der Einzelchassis berücksichtigen und im Falle einer drohenden Übersteuerung vorausschauend herunterregeln (keine Verzerrungen wie bei analog arbeitenden Limitern)

- Digitale und analoge Anschlussmöglichkeiten

- Fernbedienung von allen Parametern (individuell festlegbar)

1.2 Eigenschaften

- Aktiver 3-Wege Studiomonitor mit eingebautem Digitalcontroller und hochwertigsten Endverstärkern mit einer Sinusleistung von 400 + 230 + 290 Watt (Tiefton, Mittelton, Hochton)

Lautsprecher / Gehäusekonzept:

- 12“ Tieftöner mit Aludruckgusskorb, hinterlüfteter Schwingspule, hohem Wirkungsgrad sowie extrem langem linearen Hub
- 3“ Gewebe-Mitteltonkalotte (rückseitig geschlossen) mit sehr starkem Antrieb und geringsten Verzerrungen
- 1“ Titan-Gewebekalotte mit hoher Leistung und geringsten Verzerrungen
- Homogene Schallwand mit integrierten Schallführungen und groß dimensionierten Bassreflexöffnungen ergibt ein hervorragendes Abstrahlverhalten und eine kompressionsarme Basswiedergabe
- Gehäuse mit universellen Befestigungsmöglichkeiten

Digitalcontroller:

- Der integrierte Digitalcontroller beinhaltet Frequenzweiche, Lautsprecherentzerrung, Delay, Limiter, flexible Ortsanpassungsfunktionen sowie einen vollparametrischen 10-Band EQ
- Von einander unabhängige Amplituden- und Phasen-Entzerrung der einzelnen Lautsprecherwege und des Gesamtsystems durch den Einsatz digitaler FIR-Filtertechnologie
- Im Gegensatz zu marktüblichen externen oder internen Digitalcontrollern wird der Controller des O 500 C mit einem für jedes einzelne Exemplar individuell erstellten Lautsprecherparametersatz programmiert, bei dem selbst geringste Toleranzen der Lautsprecher, der elektrischen Eigenschaften der Endverstärker und des Digitalcontrollers selbst berücksichtigt und amplituden- und phasenmäßig korrigiert werden
- Anpassung an Aufstellungsort und Abhörraum durch vollparametrischen EQ mit IIR-Filter direkt am Gerät möglich
- Erstellung individueller FIR-Lautsprecherparametersätze zur Reduzierung raumakustischer Unzulänglichkeiten (Einmessung des Lautsprechers in der Abhörumgebung erforderlich)
- Umfassende Limiterfunktionen mit vorausschauender Signalanalyse berücksichtigen das Clipping-Verhalten der Endverstärker, die maximale Auslenkung der Treiber sowie ihr kurz- und langfristiges Temperaturverhalten
- Wichtige signalverarbeitende Stufen des Digitalcontrollers werden in 48 Bit Rechengenauigkeit realisiert
- Gestakte AD-Wandler (Gain ranging) in Δ/Σ-Technologie ermöglichen einen extrem hohen Eingangsdynamikbereich bei außerordentlich geringen Verzerrungen
- Hochwertigste DA Wandler in Δ/Σ-Technologie in den Ausgangsstufen
- Aufwendiges, doppelt stabilisiertes Stromversorgungskonzept

- Vollständig gekapselte Controller-Elektronik zur Minimierung von Einstreuungen
- Vielfältige analoge und digitale Anschlussmöglichkeiten
- Übersichtliche und einfache Bedienung mittels IR-Fernbedienung über Menüstruktur (kein PC erforderlich)
- Mehrere benutzerspezifische Schutzebenen zur Vermeidung von Fehlbedienungen
- Fernsteuerung bzw. Kopplung der Lautsprecher über RS-232 oder MIDI möglich
- Anschlussmöglichkeit für zusätzlichen Subwoofer mit integrierter FIR-Filterung

Endverstärker:

- Leistungsstarke Endverstärker mit einer Sinus-Dauertonleistung von 400 W für den Tiefton-bereich sowie 230 W und 290 W für den Mittel- bzw. Hochtonbereich
- Geschaltete Versorgungsspannungen für geringereVerlustleistung
- Sehr geringe nichtlineare Verzerrungen: TT < -110 dB, MT < -100 dB, HT < -90 dB

1.3 Blockschaltbild

In Abb. 1.3/1 sind die Baugruppen des digitalen aktiven Studiomonitors O 500 C gezeigt, die alle im Lautsprechergehäuse integriert sind:

- Digitalcontroller
- drei Leistungsverstärker
- Platine mit Display, IR-Emfänger und Logobeleuchtung
- Stromversorgung mit Rinkerntransformator und Netzteilplatine
- Lautsprecherchassis

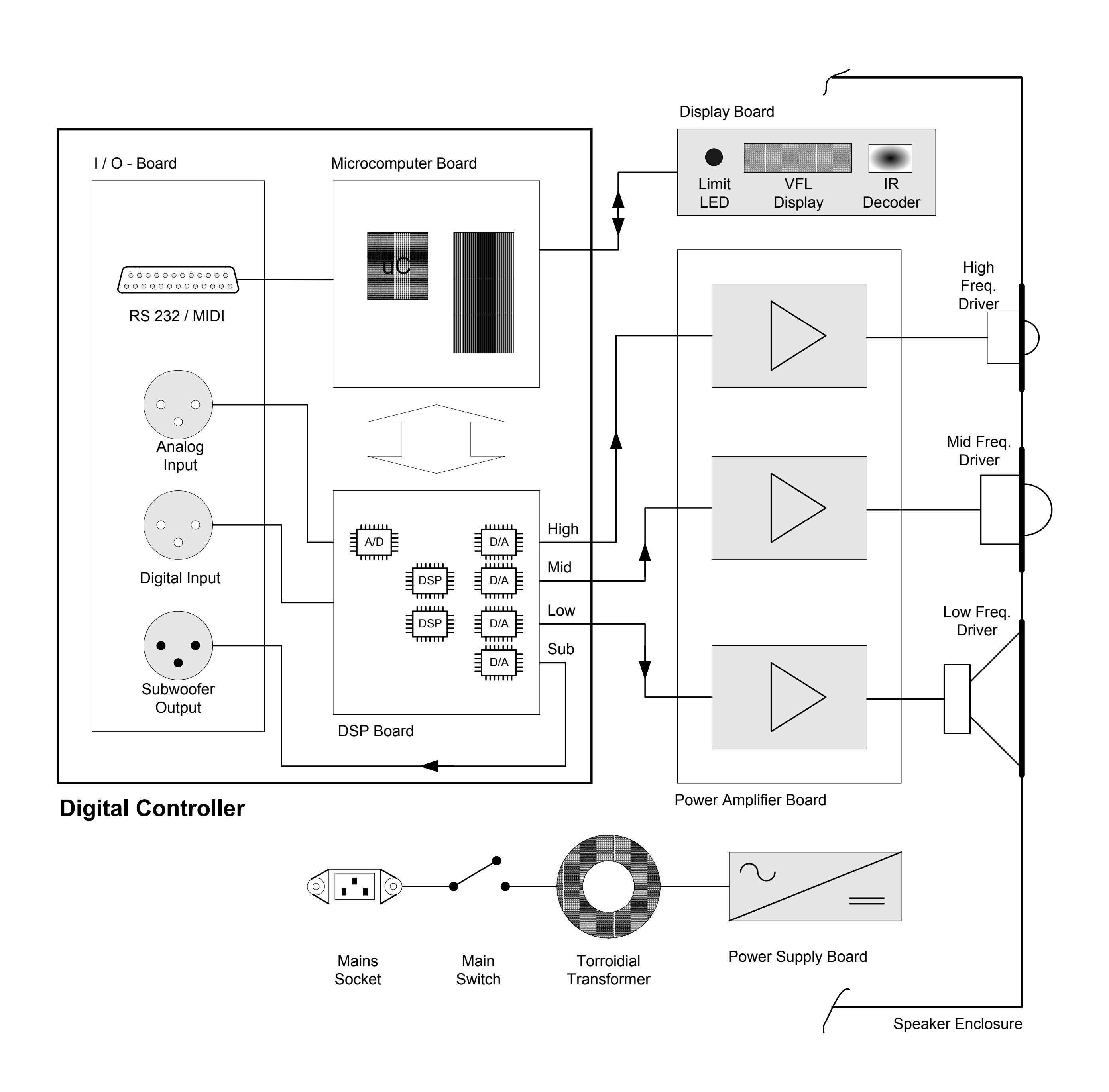
Sämtliche Bearbeitungsprozesse am Audiosignal mit Ausnahme der Leistungsverstärkung werden von einer digitalen Signalverarbeitung übernommen. Wird der Monitor mit einem analogen Signal gespeist, muss dieses zunächst AD-gewandelt werden. Anschließend erfolgt die Bearbeitung und Auftrennung in die einzelnen Wege auf DSP-Ebene (siehe nächstes Kapitel 1.4). Abschließend verfügt jeder Weg über einen DA-Wandler, um die Endverstärker mit einem analogen Signal anzusteuern. Das analoge Signal des vierten Weges liegt studiosymmetrisch an einer XLR-Buchse an, was den Anschluss eines externen Subwoofers (z.B. O 900) ermöglicht. Die Endverstärker des O 500 C sind in bipolarer Schaltungstopologie realisiert und auf einer gemeinsamen Leiterplatte angeordnet. Über spezielle Aluminium-Kühlblöcke wird die in den Transistoren entstehende Verlustwärme auf den von außen sichtbaren großflächigen Kühlkörper abgeleitet.

Der Digitalcontroller besteht aus der DSP-Platine, welche die AD- und DA-Wandler mit den anaolgen Ein- und Ausgangsstufen sowie die DSPs (Motorola) enthält. Eine weitere Platine trägt den Mikrocomputer, auf dem die Anwendersoftware zur Steuerung der Signalbearbeitung läuft und dessen Herz durch einem 8-Bit Mikrocontroller (Infineon) gebildet wird. Zum Schutz vor Brummeinstreuungen sind die beiden Platinen des Digitalcontrollers durch einen zusätzlichen Metallkäfig gekapselt.
Das VF-Display des Digitalcontrollers, die Limit-Signalisierung (LEDs) sowie der Fernbedienungsempfänger befinden sich auf der Schallwand hinter einer Plexiglasabdeckung, um eine Bedienung des Lautsprechers von der Frontseite aus zu ermöglichen.

Abschließend ist noch die Stromversorgung zu nennen, welche die unstabilisierten Spannungen für die Endverstärker sowie die stabilisierten Spannungen für die Versorgung des Digitalcontrollers zur Verfügung stellt. Letztere liegen getrennt für die Operationsverstärker, die Wandler (analoge Schaltungsteile) sowie sämtliche digitalen Schaltungsteile vor. Auf der DSP- bzw. Mikrocomputerplatine erfogt eine weitere Stabilisierung, bei der die analogen Spannungen der AD- und DA-Wandler getrennt behandelt werden.

Bis auf die Displayplatine sind sämtliche Komponenten einschließlich des 1250 W-Ringkerntrafos und der Anschlussterminals auf der Rückwand des Lautsprechers montiert, die durch eine Trennwand vom eigentlichen Lautsprechergehäuse abgeteilt ist.

Abb. 1.3/1: Die Baugruppen des Studiomonitors O 500 C



1.4 Baugruppen des Digitalcontrollers

Anhand des auf der gegenüberliegenden Seite gezeigten Signalflussplanes werden im Folgenden die einzelnen Baugruppen des O 500 C beschrieben. Es wird in der Reihenfolge vorgegangen, in der auch das Audiosignal die einzelnen Baugruppen durchläuft.
Der Signalflussplan und diese Aufzählung erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, vielmehr erfolgt eine Beschränkung auf diejenigen Baugruppen, deren Kenntnis zum Verständnis des in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Funktionsprinzips erforderlich sind.

- **Analog Input:** Der Eingang für Analogsignale ist studiosymmetrisch ausgeführt und kann zwischen elektronisch symmetrischen und trafosymmetrischen Betrieb umgeschaltet werden. Die Umschaltung erfolgt mittels eines auf der Rückwand rechts neben der analog-Eingangsbuchse angeordneten Schiebeschalters.

- **AD Converter:** Bei der A/D-Wandlung kommt das sogenannte „Gain Ranging“ - Verfahren zum Einsatz, bei dem zur Vergrößerung der maximal möglichen Eingangsdynamik zwei Wandler pro Audiokanal eingesetzt werden. Der eine A/D-Wandler wird direkt durch das Audiosignal gespeist, während dem zweiten A/D-Wandler das um einen bestimmten Pegel verstärkte Audiosignal zugeführt wird. Hierdurch wird die maximal mögliche Eingangsdynamik um den Betrag des Pegelunterschiedes zwischen dem verstärkten und nichtverstärktem Audiosignal erhöht. Ein innerhalb der nachfolgenden digitalen Signalverarbeitung realisierter Algorithmus (hier nicht gezeigt) dient dazu, rechtzeitig vor der Übersteuerung des mit dem verstärkten Signal gespeisten Wandlers auf den zweiten Wandler umzuschalten. Die Übersteuerungsgrenze der Anordnung ist dann erreicht, wenn auch der zweite Wandler voll ausgesteuert ist.

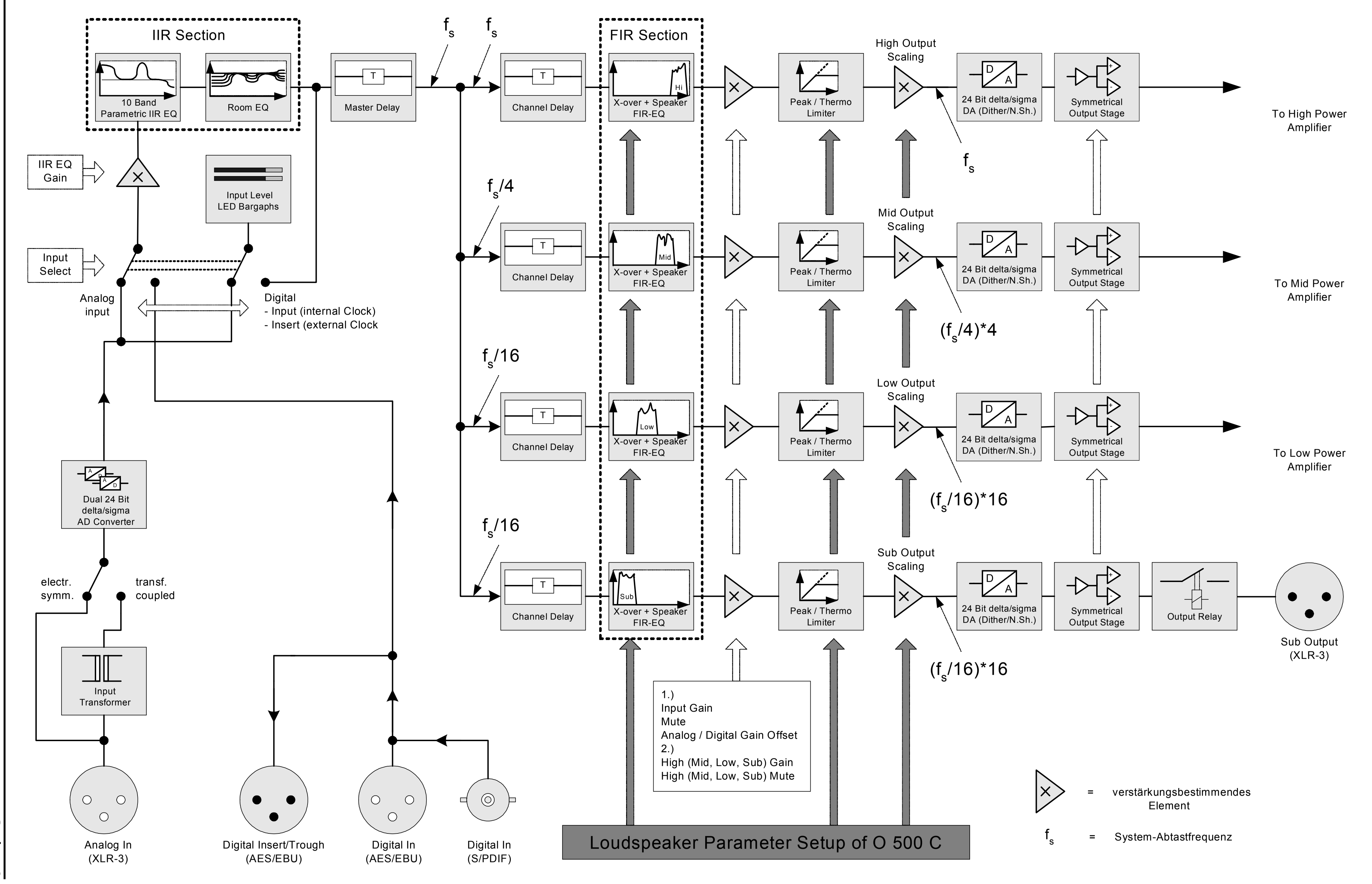
- **Digital Input:** Der O 500 C besitzt Eingänge für Digitalsignale nach dem AES/EBU-Format auf XLR sowie für das S/PDIF-Format auf BNC.

- **Input Select:** Die Eingangsumschaltung geschieht im Main-Menü im Menüpunkt *Input Select*, hier symbolisch durch einen Umschalter angedeutet.

- **Digital Output:** Der Digitalausgang des O 500 C verwendet das AES/EBU-Format auf XLR. Über eine sich im Gerät befindlichen Steckbrücke (Jumper) kann die Grundbetriebsart des Digitalausgangs eingestellt werden: In der Jumperstellung „Digital through“ (Standardeinstellung ab Werk) wird das am Digitaleingang anliegende Signal zum Digitalausgang durchgeschleift, um so das Signal zum nächsten O 500 C zu führen. Welcher Kanal jeweils wiedergegeben wird, wird dann bei jedem Lautsprecher im Menüpunkt „*Digital Input Select*“ eingestellt. Die zweite Grundbetriebsart „*Digital Insert*“ ist für spezielle Anwendungsfälle vorgesehen und wird hier nicht weiter erläutert.

- **EQ Gain:** An dieser Stelle kann der digitale Signalpegel durch Wortbreitenänderung abgesenkt (angehoben) werden, um damit stärker angehobene (abgesenkte) Frequenzbänder im nachfolgenden parametrischen EQ auszugleichen. Die Einstellung wird über den Menüpunkt *EQ Gain* im EQ - Menü vorgenommen. Der hier eingestellte Wert ist auch dann gültig, wenn der PEQ ausgeschaltet ist „*EQ Off*“, damit bei A/B-Vergleichen Pegelsprünge vermieden werden.

- **10-Band parametric IIR EQ:** Der parametrische EQ (PEQ) des O 500 C ist in IIR - Digitalfiltertechnik realisiert und besitzt 10 vollparametrische Bänder mit umschaltbarer Charakteristik. Mit ihm kann eine Systementzerrung, getrennt für den rechten und linken Kanal vorgenommen werden. Der PEQ wird im EQ - Menü in den Menüpunkten *EQ1...EQ10* eingestellt. Im Menüpunkt EQ on/off kann er, zum Beispiel zu Vergleichszwecken, aus dem Signalweg geschaltet werden. Die Bedienung des parametrischen EQs wird ausführlich in Kap. 5.2 besprochen.


IIR Section
10 Band Parametric IIR EQ
Room EQ
Master Delay
f_s
f_s
FIR Section
Channel Delay
X-over + Speaker FIR-EQ
Hi
Peak / Thermo Limiter
High Output Scaling
24 Bit delta/sigma DA (Dither/N.Sh.)
D
A
Symmetrical Output Stage
To High Power Amplifier
f_s
IIR EQ Gain
Input Level LED Bargaphs
Input Select
Analog input
Digital
- Input (internal Clock)
- Insert (external Clock
$f_s/4$
Mid
Mid Output Scaling
To Mid Power Amplifier
$(f_s/4)*4$
$f_s/16$
Low
Low Output Scaling
To Low Power Amplifier
$(f_s/16)*16$
Dual 24 Bit delta/sigma AD Converter
$f_s/16$
Sub
Sub Output Scaling
Output Relay
Sub Output (XLR-3)
electr. symm.
transf. coupled
Input Transformer
$(f_s/16)*16$
1.)
Input Gain
Mute
Analog / Digital Gain Offset
2.)
High (Mid, Low, Sub) Gain
High (Mid, Low, Sub) Mute
= verstärkungsbestimmendes Element
f_s = System-Abtastfrequenz
Analog In (XLR-3)
Digital Insert/Trough (AES/EBU)
Digital In (AES/EBU)
Digital In (S/PDIF)
Loudspeaker Parameter Setup of O 500 C

- **Room IIR EQ:** Dieser Orts - EQ ist wie der PEQ in IIR – Digitalfiltertechnik realisiert und dient der einfachen Kompensation von aufstellungsbedingten Unlinearitäten im Frequenzgang. Die Einstellung erfolgt im Menüpunkt *EQ Set* des EQ - Menüs. Die Bedienung des Orts-EQs wird in Kap. 5.1 beschrieben.

- **Master Delay:** Das Master Delay ist der letzte Baustein in der Signalkette, bevor die vier Wege getrennt bearbeitet werden. Die Einstellungen dieses Zeitgliedes werden im Main - Menü im Menüpunkt *„Master Delay“* vorgenommen, wobei die Verzögerungszeit, die dann natürlich in allen vier Wegen gleichermaßen wirksam wird, in Meter oder Millisekunden eingestellt werden kann.

Im Anschluss erfolgt die getrennte Bearbeitung der einzelnen Lautsprecherwege. Da die einzelnen signalbeeinflussenden Baugruppen eines jeden Weges gleich sind, wird hier der Signalfluss des High - Weges stellvertretend für die übrigen (Mid-, Low-, Sub-) Wege beschrieben.
Die Mid-, Low- und Sub-Wege verfügen als einzigen Unterschied zum High-Weg zusätzlich über ein Downsamplingfilter, welches die System-Abtastfrequenz durch den Downsamplingfaktor (DS) teilt. Auf diese Weise wird in diesen Wegen bei reduzierter maximaler oberer Grenzfrequenz eine noch feinere Frequenzauflösung bei gleichbleibendem Rechenaufwand erreicht.
Im Mitteltonweg erfolgt ein Downsampling um den Faktor 4, so dass die hier die Abtastfrequenz 44100Hz / 4 = 11025Hz beträgt und somit die maximale obere Nyquist-Grenzfrequenz bei 11025Hz / 2 = 5512.5 Hz liegt. Im Low- und Sub-Weg beträgt der Downsamplingfaktor 16, so dass sich in diesen Wegen eine maximale obere Nyquist-Grenzfrequenz von 1378Hz ergibt (Sämtliche Werte beziehen sich auf eine System-Abtastfrequenz von fs = 44,1 kHz!).
Durch diese Maßnahme werden die Signaldurchlaufzeiten der FIR-Filter bei linearphasigen Entzerrungen (siehe Kap. 1.5) auf tolerierbare Werte gehalten. Vor der DA-Wandlung wird das Downsampling durch ein inverses Oversamplingfilter wieder rückgängig gemacht.

- **High (Mid, Low, Sub) Delay:** Diese Zeitglieder ermöglichen eine getrennt für jeden Weg einstellbare Verzögerung. Die Bedienung der Delays erfolgt im Main - Menü im Menüpunkt *Channel Delay*.

- **High (Mid, Low, Sub) X-Over + Speaker EQ:** Als nächstes folgen die Wege - Bandpässe mit den darin enthaltenen Lautsprecherentzerrungen, beides realisiert in FIR - Digitalfiltertechnik. Hier ist hervorzuheben, dass nicht nur eine Entzerrung des Frequenzganges, sondern eine komplexe Entzerrung erfolgt, wozu auch der Phasengang gehört. Des weiteren ist in dieser komplexen Entzerrung nicht nur das akustische Verhalten des Lautsprechersystems, sondern auch das elektrische Verhalten der Endstufen und des Digitalcontrollers selbst einbezogen! Die Einstellung dieser FIR-Filter erfolgt automatisch durch das Laden des Lautsprecherparametersatzes im Main - Menü im Menüpunkt *Speaker Select*.

- **Gain:** Diese Funktion beeinflusst die Verstärkung des jeweiligen Weges. Das Maß der Absenkung oder Anhebung in den einzelnen Wegen wird durch die Einstellungen mehrerer Menüpunkte beeinflusst, die in zwei Klassen einzuteilen sind:

  1. Die eingestellten Werte in den Menüpunkten *Input Gain*, *Mute* und *analog/digital Gain Offset* (Main - Menü) werden in jedem Weg gleichermaßen wirksam.
  2. Bei den Menüpunkten *High (Mid, Low, Sub) Gain* und *High (Mid, Low, Sub) Mute* (ebenfalls im Main - Menu) kann man den Weg (oder die Wege) auswählen, in denen die Änderung der Verstärkung wirksam werden soll. (Anm.: die Funktion „Mute“ ist hier als verstärkungsbeeinflussende Funktion zu sehen [V=0], was der Realisierung dieser Funktion in der Praxis entspricht.)

- **Peak/RMS / Thermolimiter:** Die nun folgende Limiter - Anordnung, bestehend aus einem Peak/ RMS Limiter und einem Thermolimiter dient der Verhinderung von Endstufenclipping, zu hoher

Lautsprecherpeakleistung sowie der Begrenzung des maximalen Membranhubes. (Peak/RMS Limiter). Der Termolimiter dient dem Schutz vor thermischer Überlastung der Lautsprecher, verursacht durch eine zu starke Erwärmung der Lautsprecherschwingspule. Wie beim X-Over + Speaker EQ erfolgt auch hier die Einstellung der einzelnen Limiterparameter automatisch mit dem Laden des Lautsprecherparametersatzes. Lediglich die Release - Zeitkonstante, die bestimmt, wie schnell die vom Limiter bewirkte Pegelreduzierung rückgängig gemacht wird, des Peaklimiters kann im Main – Menü im Menüpunkt „Limiter Release“ eingestellt werden.

- **High (Mid, Low, Sub) Output Scaling:** Diese verstärkungsbeeinflussende Baugruppe bestimmt den Signalpegel, mit dem der nachfolgende DA Wandler angesteuert wird. Die Höhe der Anhebung oder Absenkung wird beeinflusst von den Limiter - Schwellenwerten, den Verstärkungen der Endstufen sowie den Verstärkungen der im nächsten Punkt besprochenen analogen Ausgangsstufen. Das Output Scaling wird mit dem Laden des Lautsprecherparametersatzes automatisch eingestellt.

- **Symmetrical Output Stage:** Die analogen Ausgangsstufen des Digitalcontrollers sind symmetrisch ausgeführt: In Kombination mit den symmetrischen Eingangsstufen der Endverstärker des O 500 C wird so eine minimale Beeinflussung des Audiosignals durch Einstreuungen gewährleistet.

- **Analoge Sub-Ausgangsbuchse:** Dieser analoge Ausgang des Digitalcontrollers liegt an einem XLR-Terminal an, welches sich auf der Rückseite des O 500 C befindet. Er dient dem Anschluss von K + H - Subwoofern, die dann in den Lautsprecherparametersatz des O 500 C mit einbezogen werden.

1.5 Die digitale Filtertechnologie

Allgemeines

Beim Digitalcontroller des O 500 C ist die gesamte Audiosignalverarbeitung auf der digitalen Ebene mittels drei Signalprozessoren (DSP) vom Typ Motorola DSP 56009 realisiert, weswegen die analogen Eingangssignale zunächst einer AD-Wandlung unterzogen werden müssen. Der Übergang zurück in die analoge Ebene erfolgt erst, wenn sämtliche Bearbeitungen bzw. Manipulationen des Audiosignals in den einzelnen Wegen abgeschlossen sind (siehe hierzu auch das Blockschaltbild des Digitalcontrollers in Kapitel 1.4). Während nun die Verstärkungseinstellungen und die Limiterstrukturen eine über der Frequenz konstante Beeinflussung des Audiosignalpegels bewirken, ist die Einwirkung der einzelnen Filterfunktionen frequenzselektiv. Diese verschiedenen Filterfunktionen werden durch die Implementierung der IIR- und FIR-Digitalfilterstruktur auf der DSP-Hardware des Digitalcontrollers realisiert. In diesem Kapitel sollen nun die signaltheoretischen Grundlagen sowie der Aufbau der beiden Strukturen umrissen und deren Eigenschaften aufgezeigt werden.

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Filterfunktionen des zusammen mit der zu ihrer Realisierung eingesetzten Struktur zusammengefasst:

Filterfunktion	Bemerkung	Verwendete Struktur
Frequenzweiche und Lautsprecherentzerrung	Realisiert mittels einer Filterstruktur (FIR-Bandpass) je Lautsprecherweg und Kanal	FIR, Anzahl der Koeffizienten abhängig vom Lautsprecherparametersatz
Parametrischer 10-Band EQ	Realisiert durch 10 einstellbare Filterstrukturen je Kanal	IIR
Orts-EQ	Wird durch 4 PEQ-Bänder realisiert	IIR
Downsampling	Zur Reduzierung der Abtastrate im Mid-, Low- und Sub-Weg vor den FIR-Bandpässen	FIR, 64 Taps (Koeffizienten)
Oversampling	Erhöhung der Abtastrate im Mid-, Low- und Sub-Weg nach den FIR-Bandpässen	FIR, 64 Taps (Koeffizienten)
Deemphasis	Kompensiert die Anhebung der hohen Frequenzen vor der AD-Wandlung durch das analoge Preemphasis-Filter	FIR

Allgemeines zu Digitalfiltern

Der Frequenz- und Phasengang eines digitalen Filters ergibt sich wie auch im analogen Bereich aus Betrag und Phase seiner komplexen Übertragungsfunktion, die wiederum durch eine inverse Z-Transformation aus der Impulsantwort des Filters gewonnen werden kann.
Die Z-Transformation kann dabei als das Pendant zur Fouriertransformation in der digitalen Ebene angesehen werden, sie ordnet also einer Zeitfunktion (Impulsantwort des Filters) eine bestimmte komplexe Übertragungsfunktion zu:
Impulsantwort und Übertragungsfunktion beinhalten die gleiche Information und beschreiben das jeweilige Digitalfilter vollständig!

Digitale Filter werden stets durch eine bestimmte Kombination von drei mathematischen Operationen realisiert, welche auf die einzelnen Datenwörter des digitalen Audiosignals angewendet werden:

- Addition von zwei Datenwörtern
- Multiplikationen eines Datenwortes mit einem konstanten Faktor (dem Filterkoeffizient)
- Verzögerung des Datenwortes um eine Abtastperiode

Das Rechenwerk (ALU = Arithmetic and Logic Unit) eines Mikroprozessors ist in der Lage, Additionen von zwei Variablen sowie die Taktverzögerung einer Variable durchzuführen. Die Multiplikation von zwei Varaiablen wird dabei durch eine entsprechende Aufaddierung des Multiplikanden erreicht.
Ist das Rechenwerk eines Mikroprozessors nun speziell auf die Durchführung dieser Operationen optimiert, spricht man von einem Digitalen Signalprozessor (DSP).

Ein Digitalfilter entsteht aus einer bestimmten Anordnung mehrer Additionen, Multiplikationen und Taktverzögerungen in Form einer sogenannten Struktur. Durch diese Struktur wird bereits die

grundsätzliche Formel der Impulsantwort bzw. Übertragungsfunktion festgelegt, in der die einzelnen konstanten Faktoren aus den Multiplikationen als Variablen auftreten. Das typische Aussehen der FIR- und IIR-Filterstruktur wird weiter unten beschrieben. Bei den Variablen handelt es sich um die sog. Filterkoeffizienten des Digitalfilters. Werden sie durch Zahlenwerte ersetzt, ist die Impulsantwort bzw. Übertragungsfunktion dieser Anordnung vollständig definiert. Der Betrag der Übertragungsfunktion ist dann der zugehörige Frequenzgang, während die Phase der Übertragungsfunktion den entsprechenden Phasengang des Digitalfilters definiert.

Der Frequenz- und Phasengang der FIR- und IIR-Filter des Digitalcontrollers wird also letztendlich durch die Wahl der Filterkoeffizienten festgelegt. Diese Filterkoeffizienten werden im Englischen auch „Filtertaps“ genannt. Sie werden im Falle der FIR-Filter durch den Parametersatz definiert, während die IIR-Filterkoeffizienten direkt in Abhängigkeit der Einstellungen des parametrischen EQs (Kap 5.2) sowie des Orts-EQs (Kap. 5.1) berechnet werden.

Nachfolgend werden nun die beiden Grundstrukturen digitaler Filter vorgestellt und ihre Eigenschaften näher beschrieben.

IIR-Filterstruktur

Die Abkürzung „IIR“ steht für „Infinite Impulse Response“ und meint, dass die Impulsantwort dieser Filterstruktur zumindest in der Theorie eine unendlich lange Ausdehnung über der Zeitachse aufweist.
Dies entspricht dem theoretischen Verhalten eines analogen Filters, weswegen die Formel der Übertragungsfunktion des IIR-Filters auch derjenigen eines analogen Filters ähnelt und über die gleichen Eigenschaften verfügt, so dass man sich das IIR-Digitalfilter als ein auf der digitalen Ebene nachgebildetes Analogfilter veranschaulichen kann.

Die Abbildung 1.5/1 zeigt die in der Audiotechnik üblicherweise verwendete Realisierung des IIR-Filters mittels einer bestimmten Anzahl von hintereinandergeschalteten IIR-Filterblöcken 2. Ordnung, die im Englischsprachigen auch als „Biquads“ bezeichnet werden.

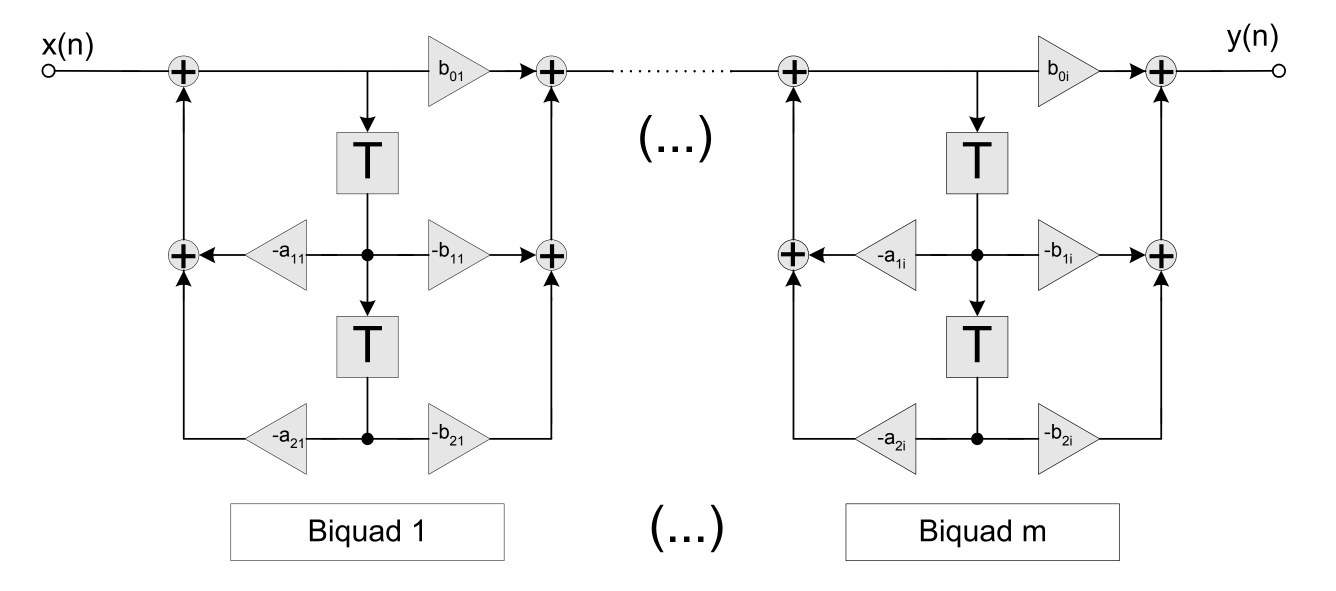


Abb. 1.5/1: Die IIR-Filterstruktur entsteht aus einer Kaskadierung von m Biquads

Durch die Hintereinanderschaltung ergibt sich die in der Abbildung gezeigte Kaskadenstruktur. Die dreieckigen Symbole stehen dabei für die bereits erwähnten Multiplikationen des Signals mit

dem jeweiligen Filterkoeffizienten „a_{ij}“ oder „b_{ij}“, das „T“ steht für die Verzögerung der Datenwörter um eine Abtastperiode und die runden Symbole mit dem Pluszeichen kennzeichnen eine Addition. Das wichtigste Merkmal des einzelnen IIR-Filterblockes (Biquad) ist seine rückgekoppelte Struktur, die durch die Zweige mit den Filterkoeffizienten realisiert ist. Durch diese Rückkopplung, deren Stärke durch die Werte der Koeffizienten beeinflusst werden kann, erhält die zugehörige Impulsantwort ihre unendliche Ausdehnung. Diesen Sachverhalt kann man sich leicht verdeutlichen, wenn man zum Zeitpunkt t = 0 einen einzelnen Impuls an den Eingang x(n) des Filters legt: Am Ausgang y(n) erscheint die „Antwort“ des Filters auf diesen einzelnen Impuls, die theoretisch betrachtet auch für t => ∞ niemals gleich Null wird, die Impulsantwort ist also „unendlich“.

Ein Biquad besitzt stets 5 Koeffizienten, wobei die drei Koeffizienten b_{ij} im Zähler und die Koeffizienten a_{ij} im Nenner seiner Übertragungsfunktion stehen. Der erste Index i eines Koeffizienten bezeichnet dabei seine Nummer innerhalb des Biquads, während der zweite (j) für die Nummer des Biquads innerhalb der Gesamtstruktur (siehe Abbildung) steht.
Die Übertragungsfunktion der Gesamtstruktur ergibt sich somit aus der Multiplikation der Übertragungsfunktionen der einzelnen Biquads, während sich ihre Filterordnung aus der Addition der Einzelordnungen (also einem Vielfachen von Bi = 2) ergibt.

Im Vergleich zu der anschließend beschriebenen FIR-Filterstruktur kommt die IIR-Kaskadenstruktur bei einer gegebenen Filterfunktion mit einer vergleichsweise geringen Anzahl von Rechenoperationen aus, auch wenn die Grundstruktur zunächst etwas komplizierter als diejenige des FIR-Filters anmutet.

Aufgrund der bereits angesprochenen Verwandtschaft zum analogen Filter ist es möglich, durch die Variation bestimmter Koeffizienten einen Einfluss auf verschiedenen Filterparameter (z.B. Trennfrequenz, Verstärkung, Güte, usw.) auszuüben, genauso wie dies z.B. durch die Variation der Kapazität C des analogen RC-Tiefpasses geschehen kann.

Diese Eigenschaften des IIR-Filters prädestinieren es für den Einsatz in allen Anwendungen, bei denen eine Änderung der Filterparameter in Echtzeit möglich sein muss und/oder wenn für eine bestimmte Filterfunktion nur eine begrenzte Rechenleistung zur Verfügung steht.
Aus diesen Gründen arbeiten z.B. sämtliche digitalen Equalizer, die parametrischen EQs digitaler Mischpulte und auch die meisten marktüblichen digitalen Lautsprechercontroller auf der Basis dieser Struktur.

Wie beim analogen Filter ergibt sich jedoch bei einer (gewollten) Beeinflussung des Frequenzganges auch stets eine (meist ungewollte) Beeinflussung des Phasenganges, weswegen beim Digitalcontroller des O 500 C für die Realisierung der Bandpassfilter für die Frequenzweiche und die Lautsprecherentzerrung nach Betrag und Phase auf die im folgenden beschriebene FIR-Filterstruktur zurückgegriffen wird.

FIR-Filterstruktur

Die Abkürzung „FIR“ steht für „Finite Impulse Response“ und bezieht sich wiederum auf die Länge der Impulsantwort des Filters, die aber diesmal zeitlich begrenzt ist. Hierdurch sind Filtereigenschaften möglich, die mit analogen Mitteln nicht zu erreichen sind, da Analogfilter grundsätzlich über eine theoretisch unendliche Impulsantwort (siehe oben) verfügen.

In Abbildung 1.5/2 ist die in der Audiotechnik üblicherweise verwendete FIR-Filterstruktur, das sogenannte Transversalfilter, abgebildet.
Wie auch beim IIR-Filter, so werden auch hier die Grundoperationen „Addition“, „Verzögerung“

und „Multiplikation mit den Filterkoeffizienten“ angewendet, allerdings in einer grundsätzlich unterschiedlichen Anordnung.

Der wichtigste Unterschied ist dabei die fehlende Rückkopplung des Ausgangssignals auf den Eingang, was in der Abbildung an den fehlenden Koeffizienten a_{ij} zu erkennen ist, die ja beim IIR-Biquad die Stärke der Rückkopplung beeinflusst haben. Diese Eigenschaft bedingt die zeitlich begrenzte Ausdehnung der Impulsantwort. Wie beim IIR-Filter, so kann man sich diese Eigenschaft auch hier durch ein Gedankenexperiment vor Augen führen: Legt man an den Eingang x(n) zum Zeitpunkt t=0 den Einzelimpuls an und beobachtet das Ausgangssignal y(n), so wird dieses zu einem bestimmten endlichen Zeitpunkt t1 aufgrund der fehlenden Rückkopplung auf Null abgefallen sein, die Antwort des FIR-Filters auf diesen einzelnen Impuls ist also „endlich“.

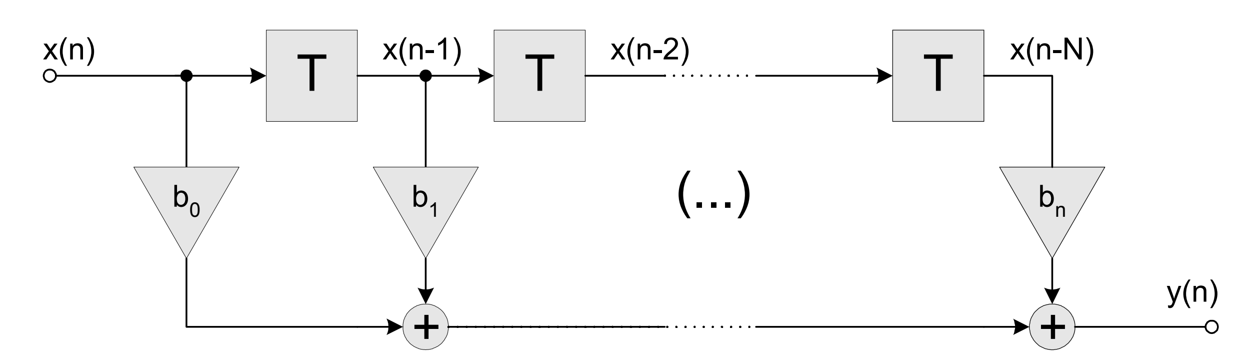


Abb. 1.5/2: FIR-Filterstruktur (Transversalfilter)

Das Transversalfilter besteht stets aus N Filterkoeffizienten sowie N-1 Addierer und Verzögerungsglieder. Die Zahl N wird auch als Filterlänge oder Filterordnung bezeichnet, wobei der Begriff Filterordnung nicht mit der Filterordnung des analogen oder digitalen IIR-Filters zu vergleichen ist.

Die komplexe Übertragungsfunktion des FIR-Filters, und damit sein Frequenz- und Phasengang, wird wie beim IIR-Filter durch die Wahl der Koeffizienten festgelegt.
Die Koeffizienten können hier allerdings z.B. so gewählt werden, dass der Phasengang trotz einer Beeinflussung des Frequenzganges seinen linearen Verlauf beibehält, man spricht dann von einem linearphasigen FIR-Filter.
Darüber hinaus ist es durch die Wahl entsprechender Koeffizienten möglich, auch jeden anderen Phasenverlauf zu erreichen, und zwar unabhängig vom Verlauf des Frequenzganges. Diese Eigenschaft der FIR-Filter macht sich der O 500 C bei der linearphasigen Lautsprecherentzerrung zu nutze.

Ein Nachteil der FIR-Filterstruktur ist die Tatsache, dass die Filterparameter nicht durch die Variation bestimmter Koeffizienten beeinflusst werden können: Jede Änderung am Übertragungsverhalten des FIR-Filters macht stets die Neuberechnung sämtlicher Filterkoeffizienten erforderlich.

Außerdem bedingt die Struktur des FIR-Filters eine filterspezifische Grundlaufzeit , die sich wie folgt errechnet:

$$t = \frac{Taps \cdot DS}{f_s \cdot 2}$$

mit: *Taps* : Anzahl der Filterkoeffizienten (= Filterlänge)
DS : Downsamplingfaktor (zur Verringerung der Abtastrate) des Mid-, Low- und Sub-Weges
Mid: *DS* = 4, Low, Sub: *DS* = 16
f_s : System-Abtastfrequenz (44.1 kHz oder 48 kHz)

Die Problematik analoger Filter

Wie bereits im Unterpunkt zu den IIR-Digitalfiltern angedeutet, wird bei einem in analoger Technik realisierten Filter (und bei digitalen IIR-Filtern) der Phasenverlauf und damit die Gruppenlaufzeit durch den Betragsfrequenzgang des Filters bestimmt: Bei Hoch- bzw. Tiefpässen treten z.B. je nach Dämpfung und Steilheit der Filterflanken mehr oder weniger starke Abweichungen des Phasenverlaufes vom linearen Ideal bei den entsprechenden Frequenzen auf. Analog hierzu sind bei den Bandpässen die Phasenverläufe von der Güte und der Verstärkung bei der Mittenfrequenz abhängig.
Das Gesagte gilt übrigens auch für akustische Filter wie z.B. eine Bassreflexlautsprecherbox: Auch hier wird der Phasenverlauf durch den Betragsfrequenzgang, der typischerweise zu tiefen Frequenzen mit einer Flankensteilheit von 24 dB/Oct abfällt, bestimmt.

Nachfolgend sind einige Beispiele für analoge elektrische und akustische Filter abgebildet. Da der Verlauf des Phasenganges aufgrund der +/- 180 Grad-Sprünge oftmals schlecht zu interpretieren ist, wird zusätzlich der Verlauf der Gruppenlaufzeit abgebildet, der sich aus der Differentiation (Ableitung) des Phasenganges über die Frequenz wie folgt ergibt:

$$\tau_{GR}(f) = \frac{d}{dt}\,(\phi(f))$$

mit: $t_{GR}(f)$: Gruppenlaufzeit
$\phi(f)$: Phasengang

Anhand der beiden Hochpässe in Abb. 1.5/3 erkennt man deutlich, wie die zunehmende Flanken-steilheit auch den Phasenverlauf und damit auch den Verlauf der Gruppenlaufzeit stärker beeinflusst: Während sich die Phase des 12 dB/Oct Filters noch zwischen 0 Grad und +180 Grad bewegt, verläuft die Phase des 24 dB/Oct Filters zwischen -180 Grad und +180 Grad.

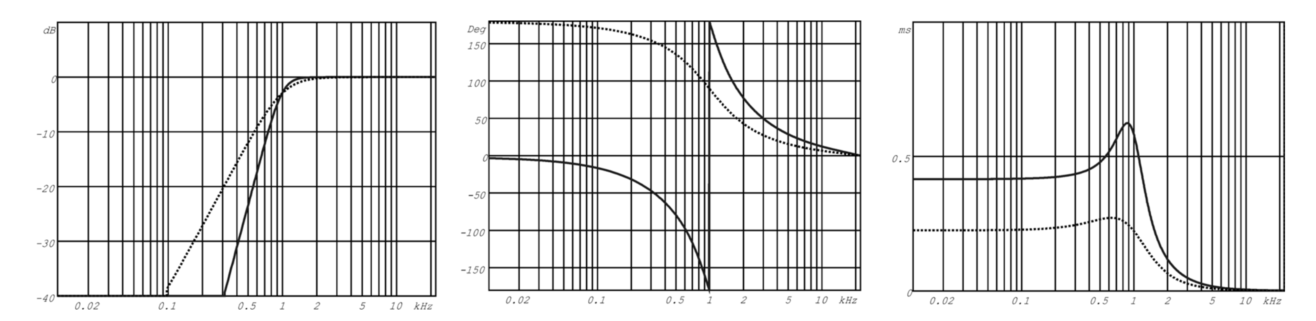


Abb. 1.5/3: Hochpass mit f3dB = 1 kHz 2. Ordnung (gestrichelt) sowie 4. Ordnung (durchgezo gen): Links Betragsfrequenzgang, Mitte Phasenverlauf, Rechts Gruppenlaufzeit

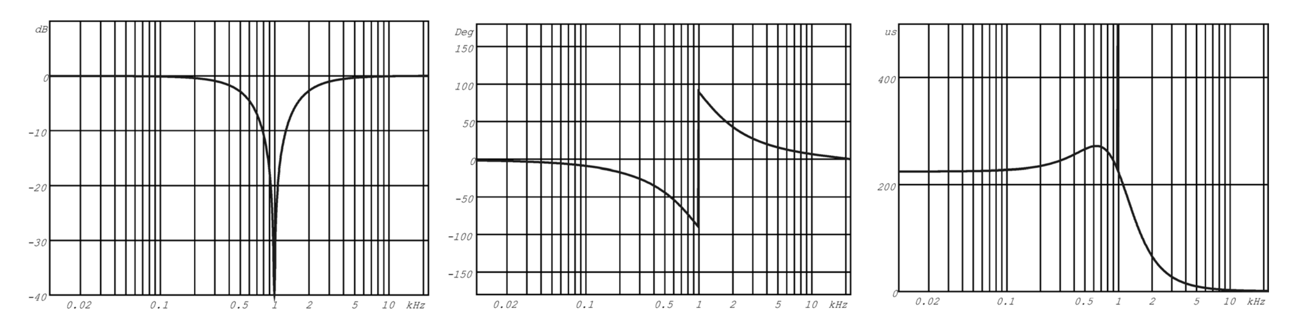


Abb. 1.5/4: Kerbfilter (Notch), Q = 2: Links Betragsfrequenzgang, Mitte Phasenverlauf, Rechts Gruppenlaufzeit

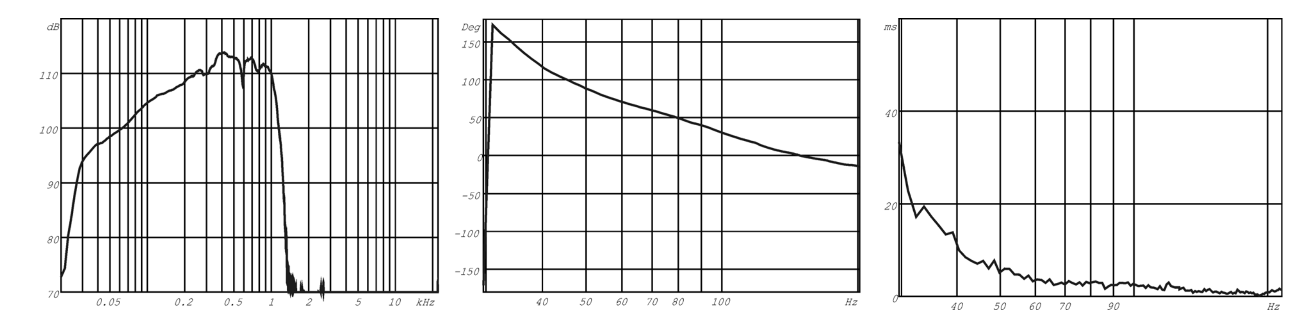


Abb. 1.5/5: Tiefton-Bassreflexlautsprecherbox: Links Betragsfrequenzgang, Mitte Phasen verlauf, Rechts Gruppenlaufzeit

In Abb. 1.5/4 ist der Zusammenhang zwischen Phasenverlauf und Gruppenlaufzeit eines Systems sehr gut nachzuvollziehen. Abb. 1.5/5 schließlich zeigt die Messung eines 12“ Tieftonlautsprechers in einem Bassreflexgehäuse mit einem Volumen von ca. 60 l. Anhand der Gruppenlaufzeit in der rechten Messung ist der für Bassreflexgehäuse typische starke Anstieg der Gruppenlaufzeit zu sehen, deren Verlauf mit dem Abfall des Betragsfrequenzgangs (unterhalb der Abstimmfrequenz) um 24 dB/Oct korrespondiert. Bei geschlossenen Lautsprechergehäusen fällt der Betragsfrequenzgang mit 12 dB/Oct ab, was einen etwas geringeren Anstieg der Gruppenlaufzeit zu niedrigeren Frequenzen bewirkt.
Eine Gruppenlaufzeit gemäß der Abb. 1.5/5 (rechts) hat zur Folge, dass die niederfrequenteren spektralen Komponenten eines Signals stärker durch das System (hier: Lautsprecher) verzögert werden als die höherfrequenten, d.h. die Signaldurchlaufzeit ist frequenzabhängig!

Die Abbildungen machen deutlich, dass die Gruppenlaufzeit analoger Systeme stets zu niedrigen Frequenzen hin ansteigt, so dass es nicht möglich ist, diesen signalverfälschenden Anstieg durch eine entsprechende Phasenentzerrung mittels Analogfilter zu beseitigen!

Die Phasenentzerrung beim O 500 C

Aufgrund der im vorstehenden Unterpunkt dargelegten Nachteile der analogen Filtertechnik bestehen beim Digitalcontroller des O 500 C aufgrund der besonderen Eigenschaften der FIR-Filterstruktur nun über die übliche Entzerrung des Frequenzganges hinaus vier grundsätzliche Möglichkeiten der Entzerrung / Beeinflussung des resultierenden akustischen Phasenganges. Für jede Art der Phasenentzerrung muss ein eigener Lautsprecherparametersatz geladen werden. Standardmäßig sind in der Regel die folgenden Varianten der Phasenentzerrung möglich:

1. Linearphasige Lautsprecherentzerrung in allen Wegen (LLL-Entzerrung)
2. Minimalphasige Lautsprecherentzerrung im Low-Weg, linearphasige Lautsprecherentzerrung im Mid- und High-Weg (MLL-Entzerrung)
3. Minimalphasige Lautsprecherentzerrung im Low- und Mid-Weg, linearphasige Lautsprecherentzerrung im High-Weg (MML-Entzerrung)
4. Minimalphasige Lautsprecherentzerrung in allen Wegen (MMM-Entzerrung)

Die Bezeichnung „linearphasige Lautsprecherentzerrung“ ist nicht mit dem im Unterpunkt zu den FIR-Filterstrukturen genannten Begriff „linearphasige FIR-Filter“ zu verwechseln: Ein linearphasiges FIR-Filter verfügt selbst über einen linearen Phasengang, was in diesem Abschnitt nicht behandelt wird, während bei der linearphasigen Lautsprecherentzerrung die Koeffizienten des FIR-Filters in der Art bestimmt werden, dass das Filter einen Phasengang aufweist, der sich invers zu dem akustischen Phasengang des Lautsprechersystems (in Verbindung mit den Endverstärkern und den analogen Baugruppen des Digitalcontrollers selbst) verhält, so dass sich bei Betrieb des Lautsprechersystems über dieses FIR-Filter **in Summe** ein linearer akustischer Phasengang einstellt.

Bei Systemen mit einem linearen akustischen Phasengang erfahren sämtliche spektralen Komponenten eines Signals die gleiche Durchlaufzeit durch dieses System!

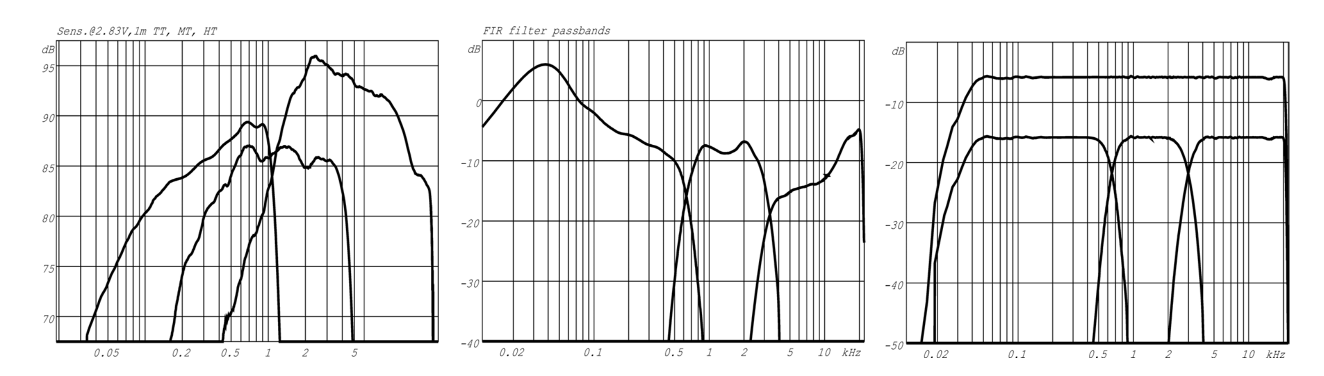
Die Möglichkeit der linearphasigen Lautsprecherentzerrung ist nur bei der Verwendung der FIR-Filterstruktur gegeben, die aus diesem Grunde auch die Grundlage für das besondere Konzept des O 500 C darstellt.

Die Systemdurchlaufzeit entspricht der bereits im Abschnitt zur FIR-Filterstruktur formelmäßig beschriebenen filterspezifischen Grundlaufzeit **plus** dem mittleren Niveau der Gruppenlaufzeit des Tieftonlautsprechersystems, da in ihrem Verlauf der höchste Wert von allen drei Lautsprecherkomponenten auftritt.

Es gibt Anwendungen, bei denen diese Grundlaufzeit nicht toleriert werden kann. Für diesen Fall stehen Lautsprecherparametersätze gemäß Punkt 2. - 4. zur Verfügung, die den Phasengang in den entsprechenden Wegen in der Art entzerren, dass sich ein akustischer Phasengang mit sog. minimalphasigen Charakter ergibt. Dieser Phasenverlauf entspricht demjenigen eines analogen Systems, die Signaldurchlaufzeiten nehmen bei jeder Frequenz den minimal möglichen Wert an und sind damit nicht mehr konstant über der Frequenz wie bei der linearphasigen Entzerrung.

Komplexe Entzerrung eines 3-Wegesystems

Zum Abschluss soll beispielhaft die komplexe Entzerrung, also die Entzerrung von Frequenz- und Phasengang eines 3-Wegesystems (z.B. O 500 C) anhand von Diagrammen gezeigt werden.
Abb. 1.5/6 zeigt die Beträge der Übertragungsfunktionen, also die Frequenzgänge der einzelnen Systemkomponenten. Hier sind zunächst im linken Diagramm die Frequenzgänge der drei Lautsprecherkomponenten dargestellt, die in Verbindung mit den später zum Einsatz kommenden Endverstärkern gemessen wurden und somit gleichzeitig deren elektrische Eigenschaften beinhalten. Das mittlere Diagramm zeigt die Frequenzgänge der FIR Bandpässe des Digitalcontrollers nach einer entsprechenden Parametrierung.
Das rechte Diagramm zeigt eine Simulation des resultierenden Frequenzganges des gesamten Lautsprechers, die sich aus der Multiplikation der Frequenzgänge der beiden Teilsysteme „Lautsprecher mit Endverstärker“ (Links) und „Digitalcontroller“ (Mitte) ergibt.
Abb. 1.5/6: Die Entzerrung des Frequenzganges eines 3-Wegesystems.



Links: Die akustischen Übertragungsfunktionen (Beträge) der drei Lautsprecherkomponenten
Mitte: Die elektrischen Übertragungsfunktionen (Beträge) der drei FIR-Bandpässe
Rechts: der Betrag der resultierenden akustischen Übertragungsfunktion des gesamten Lautsprechers (errechnet)

In Abb. 1.5/7 ist die akustische Messung des Gesamtsystems aus Abb. 1.5/6 in einer reflexionsarmen Messumgebung gezeigt. Es ist eine gute Übereinstimmung mit der Berechnung zu erkennen.

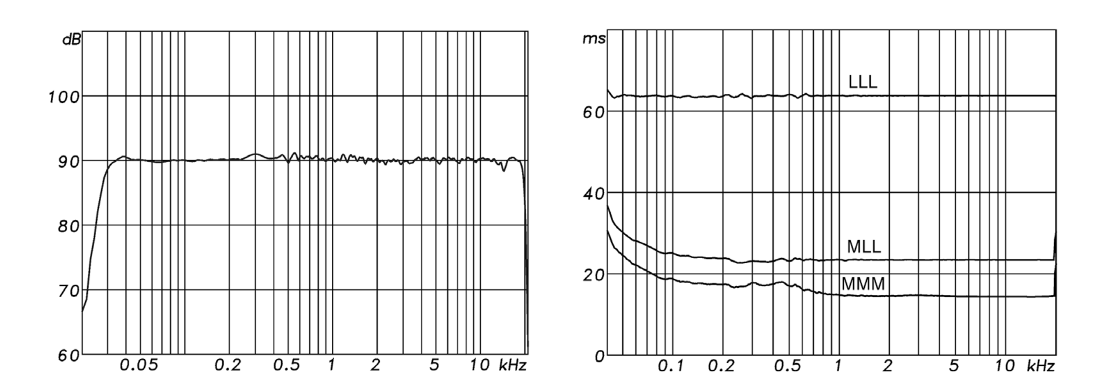


Abb. 1.5/7: Links: akustische Messung des resultierenden Frequenzganges des Systems aus Abb. 1.5/6, Rechts: zugehörige Gruppenlaufzeiten bei verschiedenen Phasenentzerrungen

Im rechten Diagramm der Abb. 1.5/7 ist schließlich der Verlauf der zum gemessenen resultierenden Frequenzgang gehörenden Gruppenlaufzeit dargestellt, einmal für den Fall der vollständig minimalphasigen Entzerrung (untere Kurve), für eine kompromissphasige Entzerrung (mittlere Kurve) und schließlich für den Fall der vollständig linearphasigen Entzerrung aller drei Lautsprecherwege (obere Kurve). Die Entzerrung des Frequenzganges wird dabei von der Wahl der Entzerrung des Phasenganges nicht beeinträchtigt!

Hinweis: Zur Erklärung bzw. Definition der verwendeten Begriffe wie z.B. komplexe Übertragungsfunktion, Gruppenlaufzeit, Gesamtsystem, usw. wird auf das Kap. 1.8 verwiesen.

1.6 Der Lautsprecherparametersatz

Der Lautsprecherparametersatz beinhaltet sämtliche Einstellungen des eingebauten Digitalcontrollers, um den gewünschten Frequenz- und Phasengang des O 500 C zu erreichen sowie sämtliche Schutzfunktionen sicherzustellen.

Aus diesem Grunde verlangt jede Aufstellungs- und Betriebsvariante nach einem speziell hierfür ermittelten Lautsprecherparametersatz.

In der auf Seite 21 abgebildeten Übersicht sind sämtliche Faktoren zusammengestellt, die im Lautsprecherparametersatz des O 500 C enthalten sind bzw. diesen beeinflussen.

Aus der Übersicht geht hervor, dass der Lautsprecherparametersatz weitaus mehr Faktoren berücksichtigt als die bei herkömmlichen (externen) Digitalcontrollern vorzunehmenden Einstellungen, die sich in der Regel auf die Wahl der Trennfrequenzen und Verstärkungen der einzelnen Wege, einer Entzerrung zur Linearisierung des Frequenzganges sowie die Einstellungen der Limiter beschränkt.

Die Gesamtheit der im Lautsprecherparametersatz enthaltenen Einstellungen wird in drei Gruppen eingeteilt, die jeweils eine Baugruppe des internen Digitalcontrollers beeinflussen:

1. Output - Scalingfaktoren
2. Filterkoeffizienten der FIR - Bandpässe
3. Limiter - Parameter

Im Signalflussplan aus Kap. 1.4 sind diese durch den Lautsprecherparametersatz beeinflussten Baugruppen gekennzeichnet, wodurch ihre Lage im Signalweg verdeutlicht wird.

Die Gesamtheit der im Lautsprecherparametersatz enthaltenen Daten werden durch zahlreiche zu Beginn der Parametersatzerstellung einzugebenden Werte und Messungen (siehe gegenüberliegende Seite) bestimmt. Aus diesen wird dann mit Hilfe einer speziellen Filterberechnungssoftware der Parametersatz generiert.

Eingabe der Verstärkungen

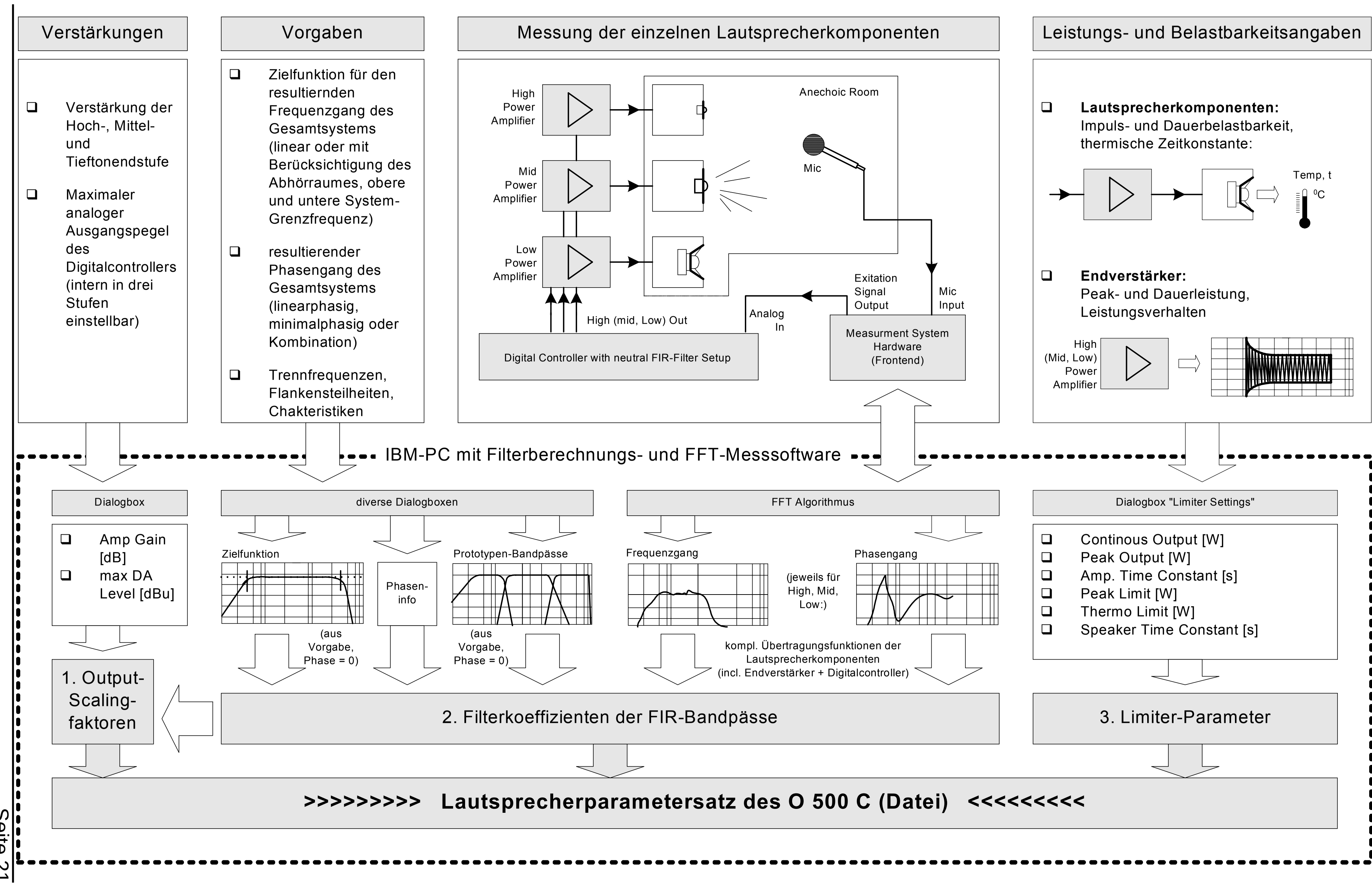
Die Verstärkungen der einzelnen Endverstärker in dB sowie der maximale analoge Ausgangspegel des Digitalcontrollers sind mitbestimmend für die Berechnung der Output-Scalingfaktoren. Als Endstufenverstärkung wird dabei der höchste Wert im jeweiligen eingesetzten Frequenzintervall (Mid, High oder Low) herangezogen.

Vorgaben für das resultierende akustische Verhalten des Gesamtsystems

Durch die hier zusammengefassten Parameter wird das resultierende akustische Übertragungsverhalten des Gesamtsystems in Betrag und Phase festgelegt.
Dies betrifft zunächst einmal den gewünschten Frequenzgang, der in der sog. Zielfunktion durch eine obere und untere Grenzfrequenz, die zugehörigen Flankensteilheiten und Charakteristiken sowie durch den Verlauf dazwischen definiert wird. Dieser Verlauf kann entweder linear gewählt werden oder schon eine bestimmte Raumkompensation beinhalten, die dann in den zu erstellenden Parametersatz mit eingearbeitet wird (siehe hierzu auch Kapitel 6.4: Raumspezifische Parametersätze).
Des Weiteren sind hier die Trennfrequenzen der einzelnen Wege mit den zugehörigen Flankensteilheiten und Charakteristiken enthalten.
Als drittes wird der resultierende akustische Phasengang durch die Wahl des Phasenentzerrung (linearphasig oder minimalphasig, getrennt für jeden Weg einstellbar) bestimmt.
Genau wie bei den Verstärkungen im vorhergehenden Punkt, so werden auch die Angaben dieses Punktes vor der Parametersatzerstellung mittels einer Dialogbox der Berechnungssoftware mitgeteilt, die dann hieraus die Frequenzgänge der Zielfunktion und der Prototypenbandpässe (noch ohne Lautsprecherentzerrung) berechnet, die in die eigentliche Filterkoeffizientenberechnung einfließen.

Messung der einzelnen Lautsprecherkomponenten

Damit das Gesamtsystem später auch tatsächlich über den im vorherigen Punkt definierten Frequenz- und Phasengang verfügt, müssen der Berechnungssoftware die komplexen Übertragungsfunktionen der einzelnen Lautsprecherkomponenten sowie diejenigen der einzelnen Endverstärker und des Digitalcontrollers selbst zugänglich gemacht werden (hierin ist ein entscheidender Unterschied des im O 500 C eingebauten Digitalcontrollers zu marktüblichen Digitalcontrollern begründet, bei denen i.d.R. nur die Lautsprecherfrequenzgänge mit einigen parametrischen EQs bearbeitet werden).
Hierzu werden im Vorfeld der Parametersatzerstellung die akustischen Übertragungsfunktionen


Verstärkungen
Verstärkung der Hoch-, Mittel- und Tieftonendstufe
Maximaler analoger Ausgangspegel des Digitalcontrollers (intern in drei Stufen einstellbar)
Vorgaben
Zielfunktion für den resultiernden Frequenzgang des Gesamtsystems (linear oder mit Berücksichtigung des Abhörraumes, obere und untere System-Grenzfrequenz)
resultierender Phasengang des Gesamtsystems (linearphasig, minimalphasig oder Kombination)
Trennfrequenzen, Flankensteilheiten, Chakteristiken
Messung der einzelnen Lautsprecherkomponenten
High Power Amplifier
Mid Power Amplifier
Low Power Amplifier
Anechoic Room
Mic
High (mid, Low) Out
Analog In
Exitation Signal Output
Mic Input
Digital Controller with neutral FIR-Filter Setup
Measurment System Hardware (Frontend)
Leistungs- und Belastbarkeitsangaben
Lautsprecherkomponenten:
Impuls- und Dauerbelastbarkeit, thermische Zeitkonstante:
Temp, t
°C
Endverstärker:
Peak- und Dauerleistung, Leistungsverhalten
High (Mid, Low) Power Amplifier
IBM-PC mit Filterberechnungs- und FFT-Messsoftware
Dialogbox
Amp Gain [dB]
max DA Level [dBu]
diverse Dialogboxen
Zielfunktion
(aus Vorgabe, Phase = 0)
Phasen-info
Prototypen-Bandpässe
(aus Vorgabe, Phase = 0)
FFT Algorithmus
Frequenzgang
Phasengang
(jeweils für High, Mid, Low:)
kompl. Übertragungsfunktionen der Lautsprecherkomponenten (incl. Endverstärker + Digitalcontroller)
Dialogbox "Limiter Settings"
Continous Output [W]
Peak Output [W]
Amp. Time Constant [s]
Peak Limit [W]
Thermo Limit [W]
Speaker Time Constant [s]
1. Output-Scaling-faktoren
2. Filterkoeffizienten der FIR-Bandpässe
3. Limiter-Parameter
>>>>>>>>> Lautsprecherparametersatz des O 500 C (Datei) <<<<<<<<<

der einzelnen Lautsprecherkomponenten, also des Tief-, Mittel- und Hochtonlautsprechers in einer reflexionsarmen Umgebung („schalltoter Raum“) gemessen.
Damit die genannten Übertragungsfunktionen der Endverstärker und das Eigenverhalten des Digitalcontrollers nicht gesondert gemessen werden müssen, werden die Lautsprecherkomponenten bei der Messung ihrer Übertragungsfunktionen gleich an den später einzusetzenden Endverstärkern betrieben, die wiederum ihr Signal aus dem Digitalcontroller beziehen. Damit dieser die Messergebnisse nicht verfälscht, wird für die Messungen ein spezieller Lautsprecherparametersatz geladen, der den FIR-Bandpässen eine neutrale Übertragungsfunktion verleiht und die Limiter auf ihre Maximalwerte setzt. Eventuelle Nichtlinearitäten der Hardware des Messsystems und / oder des Mikrofons werden durch eine vorher durchgeführte Referenzmessung bzw. durch eine Kompensationsdatei ausgeglichen.
Die so ermittelten Lautsprechermessungen liegen nun der Filterberechnungssoftware vor, um sie in die Ermittlung der Filterkoeffizienten einzubeziehen.

Eingabe der Leistungs- und Belastbarkeitsangaben

Aus den Leistungs- und Belastbarkeitswerten der Endverstärker bzw. Lautsprecherkomponenten werden die Parameter der Limiter festgelegt.
Die Ermittlung der im Diagramm aufgezählten Daten erfolgt im Vorfeld der Parametersatzerstellung durch entsprechende Messungen der einzelnen Lautsprecherkomponenten bzw. Endverstärker.
Die Werte werden dann in eine Dialogbox der Filterberechnungssoftware eingegeben, worauf diese hieraus dann die entsprechenden Parameter für die digitalen Limiterstrukturen des Digitalcontrollers berechnet und im Lautsprecherparametersatz abspeichert.

1.7 Peak/RMS- und Thermolimiter

Allgemeines

Der Limiter eines Lautsprecher-Controllers hat zwei wichtige Aufgaben: Zum einen soll er das anzusteuernde Lautsprechersystem vor Zerstörung schützen und zum anderen dient er der Vermeidung von Verzerrungen. Um diese Forderungen mit absoluter Zuverlässigkeit zu erfüllen, besteht das digitale Limiter-Konzept des Pro C 28 aus zwei getrennten Limiterstrukturen, die jeweils getrennt für jeden einzelnen Lautsprecherweg implementiert sind. Die erste Struktur mit ihrer kürzeren Zeitkonstante bietet eine Peak- sowie eine RMS-Limitierung, während die zweite Struktur mit ihrer längeren Zeitkonstante eine Limitierung der Dauerleistung bewirkt.
Über die Anordnung der Limiter im Signalweg gibt das Blockschaltbild in Kapitel 1.3 Aufschluss. Das Blockschaltbild am Ende dieses Kapitels zeigt den detaillierten Aufbau der Limiterstrukturen.

Belastbarkeit des Lautsprechersystems

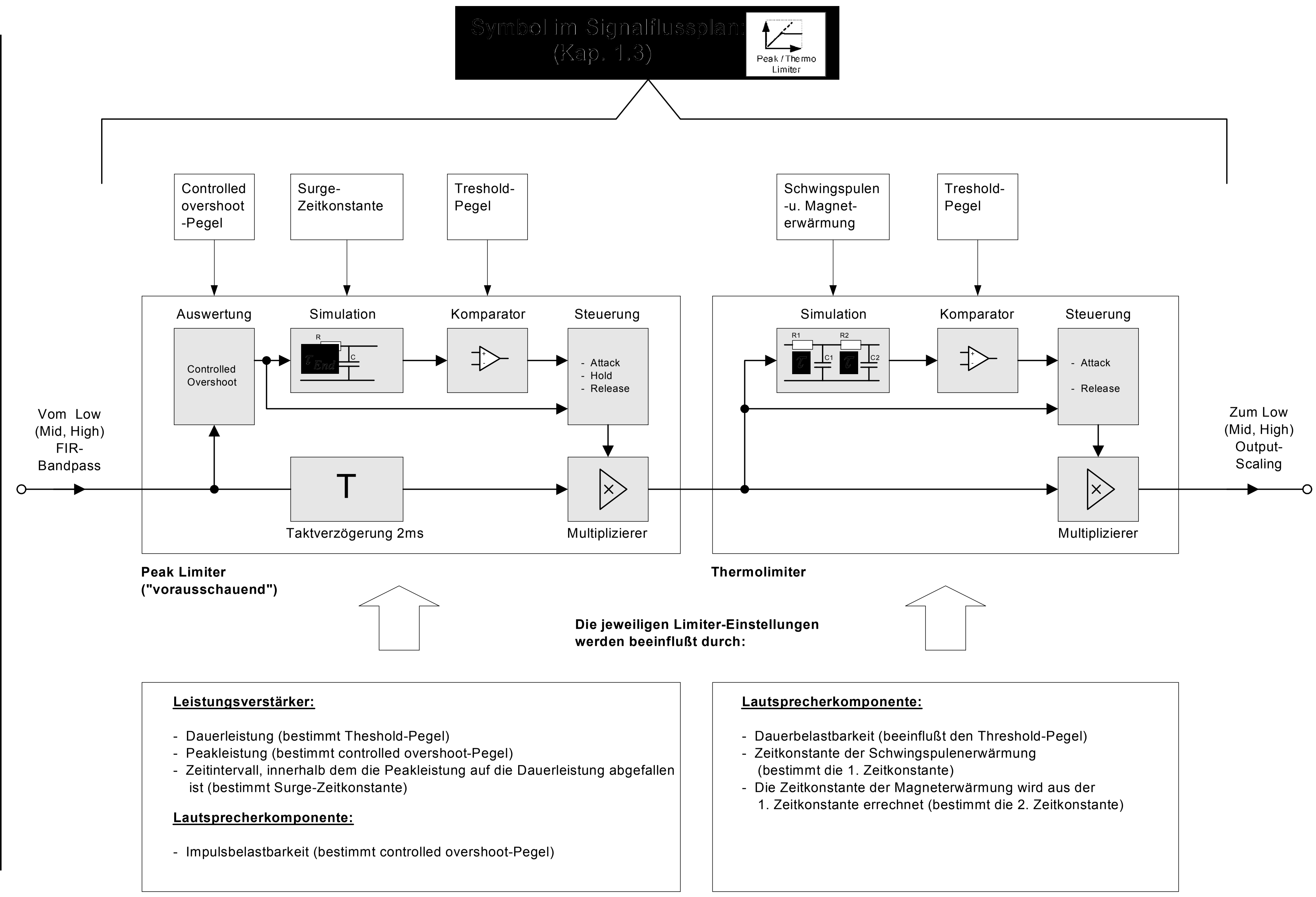
Das anzusteuernde Lautsprechersystem kann auf zwei verschiedene Arten irreversiblen Schaden nehmen:
Auf der einen Seite kann ein zu hoher Leistungsimpuls eine unzulässig große Auslenkung der Lautsprechermembrane bewirken, so dass die Schwingspule, die Membrane oder die Zentrierspinne beschädigt werden. Die zu Vermeidung dieser durch mechanische Einwirkung erfolgten Zerstörung maximal erlaubte Belastung ist durch die Angabe der Impuls- oder Peakbelastbarkeit des Lautsprechers festgelegt. Außerdem wird ein maximal möglicher Membranhub des Lautsprechers definiert, bei dessen Überschreitung bleibende Schäden verursacht werden.
Zum anderen führt die Zuführung einer zu hohen Dauerleistung zu einer übermäßigen Erwärmung der Lautsprecherschwingspule, wodurch diese durchbrennen bzw. sich der zu ihrer Befestigung am Spulenkörper dienende Kleber auflösen kann.
Beim O 500 C wird die maximale Dauerleistung durch den Thermolimiter auf das spezifische Maximum der Lautsprecherchassis begrenzt um so einer thermischen Zerstörung entgegenzuwirken.
Die zweite Limiterstruktur, der Peaklimiter, begrenzt die maximale Peakleistung, die auf den Lautsprecher gegeben wird, so dass die maximale Membranauslenkung jederzeit eingehalten wird.

Verzerrungen der Endverstärker

Das Leistungsniveau der zur Ansteuerung der Mittel- und Hochtonlautsprechersysteme eingesetzten Endverstärker liegt beim O 500 C weit über der maximalen Belastbarkeit der entsprechenden Lautsprecher, so dass von ihrer Seite aus keine Verzerrungen zu erwarten sind.
Im Gegensatz hierzu kann der Endverstärker für den Tieftonkanal den maximal möglichen Pegel für den Tieftöner (weit über 1000 W) nicht mehr verzerrungsfrei wiedergeben. Beim O 500 C wird dieser Betriebsfall jedoch durch den in vorausschauender Arbeitsweise betriebenen Peak/RMS Limiter sicher vermieden.
Die für die Impulswiedergabe sehr wichtige kurzzeitige verzerrungsfreie Spitzenleistung der Verstärker wird durch das hieran angepasste dynamische Verhalten des Peak/RMS Limiters selbstverständlich mit berücksichtigt. Durch die RMS-Limiterung wird zusätzlich die Dauerleistung des Endverstärkers auf den maximalen Wert begrenzt, so dass der Endverstärker unter keinen Umständen in die Begrenzung ausgesteuert wird.

Einstellen der Limiter-Parameter

Die Limiter-Parameter sind ähnlich wie die Filterkoeffizienten zur Einstellung der Frequenzweichenfunktion und der Lautsprecherentzerrung speziell für die Kombination von Lautsprechersystem und Endverstärker des O 500 C ermittelt worden. Sämtliche Einstellungen sind aus diesem Grunde im Lautsprecherparametersatz enthalten und können nachträglich nicht verändert werden mit Ausnahme der Release-Geschwindigkeit des Peaklimiters (siehe auch weiter unten). Im Rahmen


Symbol im Signalflussplan:
(Kap. 1.3)
Peak / Thermo Limiter
Controlled overshoot -Pegel
Surge-Zeitkonstante
Treshold-Pegel
Schwingspulen -u. Magnet-erwärmung
Treshold-Pegel
Auswertung
Simulation
Komparator
Steuerung
Controlled Overshoot
- Attack
- Hold
- Release
Vom Low (Mid, High) FIR-Bandpass
T
Taktverzögerung 2ms
Multiplizierer
Simulation
Komparator
Steuerung
R1
R2
C1
C2
- Attack
- Release
Zum Low (Mid, High) Output-Scaling
Multiplizierer
Peak Limiter ("vorausschauend")
Thermolimiter
Die jeweiligen Limiter-Einstellungen werden beeinflußt durch:
Leistungsverstärker:
- Dauerleistung (bestimmt Theshold-Pegel)
- Peakleistung (bestimmt controlled overshoot-Pegel)
- Zeitintervall, innerhalb dem die Peakleistung auf die Dauerleistung abgefallen ist (bestimmt Surge-Zeitkonstante)
Lautsprecherkomponente:
- Impulsbelastbarkeit (bestimmt controlled overshoot-Pegel)
Lautsprecherkomponente:
- Dauerbelastbarkeit (beeinflußt den Threshold-Pegel)
- Zeitkonstante der Schwingspulenerwärmung (bestimmt die 1. Zeitkonstante)
- Die Zeitkonstante der Magneterwärmung wird aus der 1. Zeitkonstante errechnet (bestimmt die 2. Zeitkonstante)

der Erstellung des Lautsprecherparametersatzes für den O 500 C im K + H Akustiklabor werden die Limiterparameter auf eine sichere Funktion hin optimiert. Eine nachträgliche Veränderung hätte eine Verschlechterung der Systemleistung oder der Klangqualität zur Folge.

Funktionsweise der Limiter

Es folgt nun eine Beschreibung der im digitalen Konzept des O 500 C implementierten Limiterstrukturen im Hinblick auf deren prinzipielle Funktionsweise sowie unter Berücksichtigung der einzelnen Lautsprecher- und Endverstärkereigenschaften, welche die einzelnen Limiterparameter bestimmen. Die Ausführungen beziehen sich dabei auf die im Anschluss an dieses Kapitel abgebildete schematische Darstellung.

Peak/RMS Limiter

Das von der entsprechenden FIR-Filterstruktur ankommende Signal des High-, Mid-, Low oder Sub-Weges wird zunächst der Bearbeitung durch den Peak/RMS Limiter unterworfen. Wie bereits angedeutet arbeitet dieser „vorausschauend“, d.h. die Begrenzung erfolgt nicht etwa wie bei Analoglimitern üblich erst beim Auftreten einer Überschreitung des Signalpegels am Limiterausgang, sondern schon vorher, indem das Signal für die Dauer der Berechnung einer entsprechenden Verstärkungsreduzierung verzögert wird. Dadurch wirkt die notwendige Absenkung des Signalpegels exakt zum richtigen Zeitpunkt.
Der Peaklimiter begrenzt das Signal auf denjenigen Ausgangspegel des Digitalcontrollers, an dem der jeweils angeschlossene Endverstärker seine maximale Dauerleistung an den Lautsprecher abgibt. Aus diesem Grunde werden zur Ermittlung des Threshold-Wertes Angaben zur Dauerleistung und Verstärkung der Endverstärker benötigt. Um die bereits angesprochene Eigenschaft des Endverstärkers relativ hohe Peakleistungen zu liefern bei der Begrenzung zu berücksichtigen, wird im Falle einer Pegelüberschreitung ein sogenannter „Controlled Overshoot“ zugelassen, indem die Thresholdschwelle zu Beginn des Limitierungsvorganges auf einen höheren Wert gesetzt ist. Dieser höhere Wert wird durch die maximale Peakleistung des zum Einsatz kommenden Endverstärkers bestimmt, falls diese unter der maximalen Impulsbelastbarkeit des Lautsprechers liegt, was im Falle der Low- und Sub-Lautsprecherwege in der Regel der Fall ist. Beim Mid- und High-Lautsprecherweg ist dagegen in der Regel die Impulsbelastbarkeit des Lautsprechers maßgebend. Die Dauer des Controlled Overshoots wird durch eine Simulation des Endverstärkerverhaltens auf Basis einer speziellen Zeitkonstante ermittelt. Diese sogenannte Surge-Zeitkonstante entspricht derjenigen Zeit, innerhalb der der entsprechende Endverstärker in der Lage ist, seine maximale Peakleistung zu liefern, bevor die Leistung auf die maximale Dauerleistung einbricht. Diese Zeit ist von der Auslegung des Endverstärkernetzteiles abhängig und muss wie auch die übrigen Endverstärkerdaten für jeden Endverstärker-Typ eigens ermittelt werden. Bei einer unter den vorstehend beschriebenen Bedingungen detektierten Pegelüberschreitung wird nun die Attackphase ausgelöst, die über eine konstante Länge und eine an Art und Stärke der Pegelüberschreitung dynamisch angepasste Steilheit verfügt. Wenn keine weitere Überschreitung mehr detektiert wird, schließt sich hieran eine ebenfalls durch die Überschreitung sowie den nachfolgenden Signalverlauf dynamisch angepasste Hold-Phase an, innerhalb der die zum Ende der Attackphase vorliegende Verstärkungsreduzierung erhalten bleibt.
Bleiben weitere Pegelüberschreitungen aus, wird im Anschluss an die Holdphase die Release-Phase eingeleitet, innerhalb der die Verstärkungsreduzierung wieder rückgängig gemacht wird. Die Geschwindigkeit dieser Rücknahme ist der einzige Limiter-Parameter, der vom Anwender nachträglich eingestellt werden kann, um so eine optimale Anpassung an das jeweilige Audiomaterial sicherzustellen. Die Release-Geschwindigkeit kann im Menüpunkt *15 Limiter Release* des Main-Menüs zwischen 10...250 dB/s eingestellt werden.

Thermo/Excursion Limiter

Nachdem das Audiosignal den Peak/RMS Limiter passiert hat, folgt als nächstes die Thermolimiterstruktur. Dieser Limiter wirkt wie bereits angedeutet einer thermischen Überlastung der jeweiligen Lautsprecherkomponente entgegen. Eine Signalüberschreitung wird hier auf die maximale Dauerbelastbarkeit des Lautsprechers begrenzt, bei der keine thermische Zerstörung auftreten kann. Aus diesem Grunde wird die Thresholdschwelle, ab der eine Pegelüberschreitung signalisiert wird durch diese maximale Dauerbelastbarkeit des Lautsprecherchassis bestimmt. Die Attack-Zeit wird, ständig aktuell, aus der momentanen Schwingspulen- und Magnettemperatur des Lautsprechers berechnet, die durch eine Simulation des thermischen Lautsprecherverhaltens auf Basis von zwei Zeitkonstanten ermittelt wird. Dabei repräsentiert die kleinere Zeitkonstante das Temperaturverhalten der Lautsprecherschwingspule, während die größere das des Magneten wiederspiegelt. Durch diese Vorgehensweise kann der Temperaturanstieg der Schwingspule mit ausreichender Genauigkeit ermittelt werden. Die Zeitkonstante für die Schwingspule wird dabei durch eine entsprechende Messung des jeweils verwendeten Lautsprechersystems ermittelt, während diejenige des Magneten aus der ersten errechnet wird. Im Gegensatz zum Peak/RMS Limiter schließt sich hieran keine Holdphase, sondern direkt die Release-Phase an, deren Dauer dynamisch in Abhängigkeit vom aktuellen Signalpegel ermittelt wird.

1.8 Erklärung wichtiger Begriffe

FIR - Bandpässe

Die FIR - Bandpässe des O 500 C-Digitalcontrollers besorgen sämtliche erforderlichen Eingriffe im Frequenz- und Phasengang, um eine den Sollvorgaben entsprechende ⇒ resultierende Funktion des ⇒ Gesamtsystems zu erreichen. Diese komplexe Entzerrung des Lautsprechersystems erfordert den Einsatz der FIR -Digitalfiltertechnik, die eine unabhängige Bearbeitung von Betrag und Phase eines Signals ermöglicht. Die FIR - Bandpässe werden durch die ⇒ Parametrierung eingestellt und können vom Anwender nicht beeinflusst werden.

Gain Ranging

Mit Gain Ranging wird ein Verfahren zur Analog/Digitalwandlung von Audiosignalen bezeichnet, bei dem zur Vergrößerung der maximal möglichen Eingangsdynamik zwei Wandler pro Audiokanal eingesetzt werden. Der eine A/D-Wandler wird direkt durch das Audiosignal gespeist, während dem zweiten A/D-Wandler das um einen bestimmten Pegel verstärkte Audiosignal zugeführt wird. Hierdurch wird die maximal mögliche Eingangsdynamik um den Pegelunterschied zwischen dem verstärkten und nichtverstärktem Audiosignal erhöht. Eine nachfolgende digitale Signalverarbeitung dient dazu, rechtzeitig vor der Übersteuerung des mit dem verstärkten Signal gespeisten Wandlers auf den zweiten Wandler umzuschalten. Die Übersteuerungsgrenze der Anordnung ist dann erreicht, wenn auch der zweite Wandler voll ausgesteuert ist. Ein Regelkreis überwacht dabei ständig die Verstärkungsdifferenz und DC-Verhältnisse der beiden Stufen und kompensiert diese, um Schaltverzerrungen zu verhindern.

Gesamtsystem

Das Gesamtsystem setzt sich stets aus den folgenden drei Komponenten zusammen:

1. Digitalcontroller,
2. Endverstärker,
3. ⇒ Lautsprechersystem

Für jedes Gesamtsystem muss ein eigener ⇒ Lautsprecherparametersatz ermittelt werden, um die Eigenschaften der darin enthaltenen Komponenten zu berücksichtigen.

Gruppenlaufzeit

Wenn man den ⇒ Phasengang nach der Frequenz differenziert, erhält man die Gruppenlaufzeit (*engl. group delay*). Diese beschreibt über der Frequenz die zeitliche Verzögerung, die eine spektrale Komponente (z.B. eines Tones) bei der Übertragung über das jeweilige System erfährt.

IIR - Digitalfilter

Der Orts - EQ und der parametrische EQ (PEQ) sind beim O 500 C-Digitalcontroller in IIR- Digitalfiltertechnik realisiert, die vielfältige Beeinflussungsmöglichkeiten im Frequenzgang durch den Anwender bei vergleichsweise geringem Rechenaufwand gewährleistet. Der Nachteil der IIR - Digitalfilter sind die Phasenunlinearitäten, die genau wie bei in Analogtechnik realisierten Filtern im Zuge der Frequenzbeeinflussung auftreten, und zwar um so stärker, jehöher die Anhebung oder Absenkung sowie die Filtergüte ist.

Impulsantwort

Wird ein System mit einem idealen Impuls (Dirac-Stoß: unendlich schmaler und hoher Einzelimpuls) an seinem Eingang beaufschlagt, erhält man am Ausgang des Systems die Impulsantwort. Durch die Angabe der Impulsantwort ist das System vollständig beschrieben, und durch die Anwendung der Fouriertransformation wird die Impulsantwort aus dem Zeitbereich in die Frequenzebene transformiert und man enthält die ⇒ komplexe Übertragungsfunktion des Systems. Impulsantwort und komplexe Übertragungsfunktion beinhalten also dieselbe Information über das System.

Komplexe Übertragungsfunktion

Die komplexe Übertragungsfunktion eines Systems beschreibt allgemein das Verhältnis zwischen dem am Ausgang des Systems anliegenden Signal geteilt durch das am Eingang anliegende. Durch die komplexe Übertragungsfunktion werden die elektrischen bzw. akustischen Eigenschaften des System vollständig beschrieben: Ihr Betrag, aufgetragen über der Frequenz, wird auch als Amplitudengang oder Frequenzgang des Systems bezeichnet, während ihre Phase auch als ⇒ Phasenverlauf oder Phasengang bezeichnet wird. Wenn man die komplexe Übertragungsfunktion mittels der inversen Fouriertransformation in den Zeitbereich überführt, ergibt sich die ⇒ Impulsantwort des Systems. Impulsantwort und komplexe Übertragungsfunktion besitzen denselben Informationsgehalt, also z.B. Amplitudengang, Frequenzgang, Zerfallspektrum, Gruppenlaufzeit, Ortskurve, usw.

Lautsprecher-Parametersatz

Der Lautsprecherparametersatz ist eine spezifische Datei des O 500 C-Digitalcontrollers, in der alle internen Einstellungen desselben enthalten sind, um in einem bestimmten ⇒ Gesamtsystem eine ⇒ resultierende Funktion zu erreichen, die in ihrem Betragfrequenzgang der ⇒ Zielfunktion entspricht und deren Phasengang die vorgegebenen Bedingungen erfüllt. Für jedes Gesamtsystem existiert also ein eigener Lautsprecherparametersatz, der im K+H Akustiklabor ermittelt wird. Der Lautsprecherparametersatz wird bei der Installation des Controllers vom Anwender einmalig geladen, die Einstellungen innerhalb eines Lautsprecherparametersatzes können nachträglich nicht verändert werden. So sind zum Beispiel die standardmäßig im O 500 C enthaltenen Lautsprecherparametersätze so bestimmt, dass sich unter reflexionsarmen Bedingungen ein linearer Betragsfrequenzgang und je nach Lautsprecherparametersatz linearer oder minimaler Phasenfrequenzgang des Gesamtsystems ergibt.

Lautsprechersystem

Das Lautsprechersystem besteht aus den Hoch- Mittel- und Tieftontreibern des Monitors, evtl. ergänzt durch einen Subwoofer. Es sind jeweils lediglich die im Gehäuse eingebauten Treiber gemeint, ohne die zugehörigen Endverstärker!

Linearphasig

Ein linearphasiges System ist dadurch gekennzeichnet, dass die Phase der Übertragungsfunktion eine lineare Funktion von der Frequenz ist. Hierdurch ergibt sich eine konstante ⇒ Gruppenlaufzeit dieses Systems, was bedeutet, dass alle spektralen Komponenten z.B. eines Tones die gleiche Verzögerung durch das jeweilige System erfahren, d.h. sie „erscheinen" alle mit der gleichen Verzögerung am Ausgang.

Minimalphasig

Bei einem minimalphasigen System ist die Phase der Übertragungsfunktion im Gegensatz zum ⇒ linearphasigen System keine lineare Funktion von der Frequenz. Der Phasengang eines minimalphasigen Systems bedingt eine Gruppenlaufzeit, die bei jeder Frequenz ihren minimalen Wert besitzt, d.h. jede einzelne spektrale Komponente eines Signals erfährt die jeweils kürzest mögliche Verzögerungszeit durch das System, wobei die einzelnen spektralen Komponenten natürlich mit verschiedenen Verzögerungszeiten am Ausgang des Systems „erscheinen".

Output Scaling

Das Output - Scaling legt die Wertebereiche der digitalen Pegel fest, die nach der digitalen Signalverarbeitung auf die D/A-Wandler der einzelnen Wege gegeben werden.

Parametrierung

Unter Parametrierung wird im Rahmen dieser Bedienungsanleitung das Aufrufen des bereits erstellten und im O 500 C gespeicherten ⇒ Lautsprecherparametersatzes verstanden. Erst zu diesem Zeitpunkt ist der O 500 C mit den nötigen Grundeinstellungen versehen, um im Rahmen eines ⇒ Gesamtsystems die gewünschte ⇒ resultierende Funktion aufzuweisen.

Peaklimiter

Der Peaklimiter dient dem Schutz vor einem Clippen der Endstufen sowie der Begrenzung kurzzeitiger Leistungsimpulse, mit denen die Lautsprecherkomponenten beaufschlagt werden. Jeder Lautsprecherweg besitzt einen eigenen Peaklimiter. Um einen absoluten Schutz zu gewährleisten, arbeitet der Peaklimiter vorrausschauend. Dies wird durch eine geringe Signalverzögerung, die der Periodendauer der niedrigsten zu schützenden Frequenz entspricht, ermöglicht. Des weiteren besitzt er eine kleine Zeitkonstante, um eine kurze Ansprechzeit (Attack - Time) zu gewährleisten.

Phasengang

Wenn man die Phase der ⇒ komplexen Übertragungsfunktion eines Systems über der Frequenz aufträgt, erhält man den Phasengang dieses Systems. Der Phasengang (oder Phasenverlauf, *engl. phase response*) eines Systems beschreibt die Phasenverschiebung zwischen einem am Ausgang des Systems anliegenden (sinusförmigen) Signal gegenüber dem eingespeisten Signal. Hierbei kann es sich natürlich auch um eine der spektralen Komponenten eines Tones handeln.

Resultierende Funktion

Die resultierende Funktion ist die akustisch gemessene komplexwertige Übertragungsfunktion des ⇒ Gesamtsystems. Der Betrag dieser Funktion stellt den Frequenzgang und ihre Phase den Phasengang des Gesamtsystems dar. Dem Frequenzgang wird als Sollkurve die ⇒ Zielfunktion zugrunde gelegt. Als Soll-Verlauf des Phasenganges kann ⇒ Minimalphasigkeit, ⇒ Linearphasigkeit oder eine Kombination aus beiden vorgeschrieben werden.

Setup

Die Gesamtheit aller Einstellungen im Main- bzw. EQ - Menü des O 500 C incl. des geladenen ⇒ Lautsprecherparametersatzes wird als (Main- bzw. EQ-) Setup bezeichnet. Ein Setup kann unter einem vom Anwender einzugebenen Setup-Namen abgespeichert und jederzeit, auch während des Betriebs, aufgerufen werden. Mittels der IR-Fernbedienung können 4 verschiedene Setups per Knopfdruck direkt aufgerufen werden, weitere 56 können im Menüpunkt LOAD SETUP durchgesteppt werden.

Thermolimiter

Der Thermolimiter dient dem Schutz vor zu großer thermischer Belastung des ⇒ Lautsprechersystems. Er besitzt zwei verschieden große Zeitkonstanten, um den unterschiedlichen Erwärmungszeiten von Schwingspule und Magnet Rechnung zu tragen. Der Thermolimiter berücksichtigt kontinuierlich das anliegende Signal und integriert es gemäß dieser Zeitkonstanten auf, um so eine Aussage über die augenblickliche Temperatur der Lautsprecherschwingspule zu gewinnen.

Zielbandpässe

Die Zielbandpässe werden bei der Erstellung des ⇒ Lautsprecherparametersatzes durch Angabe der gewünschten Trennfrequenzen und Flankensteilheiten theoretisch vorgegeben und stellen eine Art „Schablone“ für die zu berechnenden ⇒ FIR - Bandpässe dar.

Zielfunktion

Die Zielfunktion ist eine bei der Erstellung des ⇒ Lautsprecherparametersatzes theoretisch vorgegebene Funktion, die als Sollkurve für den Verlauf der ⇒ resultierenden Funktion des ⇒ Gesamtsystems angesehen werden kann. Die Zielfunktion definiert also den Soll-Frequenzgang des Gesamtsystems.

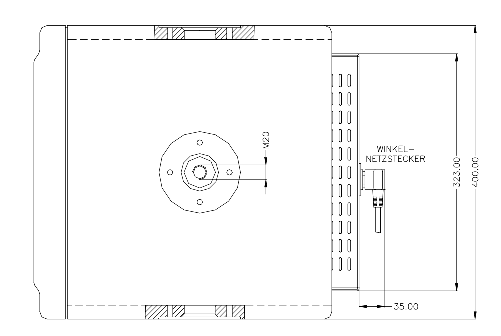
2.1 Aufstellung / Montage

Beim Studiomonitor O 500 C handelt es sich um einen sogenannten Main- bzw. Midfield-Monitor, der als Hauptmonitor konzipiert ist.
Die Distanz zum Hörplatz sollte mindestens 2,5 m betragen.

Folgende Aufstellungsvarianten sind denkbar:

- Montage auf Stativ mittels Haltebügel LH35
- Montage auf allen Oberflächen mittels Stativneigeadapter LH36 und in Verbindung mit TV-Zapfen LH29 oder Flanschbuchse LH28 auf Stativen
- Montage von der Decke hängend mittels LH35
- freie Aufstellung auf Ständer/Podest
- Einbau

Für ein optimales Ergebnis ist zu beachten, dass die Hauptabstrahlrichtung des O 500 C derjenigen Achse entspricht, die sekrecht zur Schallwand steht und zwischen Hoch- und Mitteltöner liegt.
Bei der Aufstellung bzw. Montage des Lautsprechers ist dies durch eine entsprechende Wahl der Montagehöhe bzw. durch eine Neigung des Lautsprechers unter Verwendung der oben erwähnten Montageadapter zu berücksichtigen.
Abb. 2.1/1 zeigt die Aussenabmessungen des O 500 C sowie die Lage der Befestigungsmöglichkeiten im Gehäuseboden sowie an den Seitenwänden.



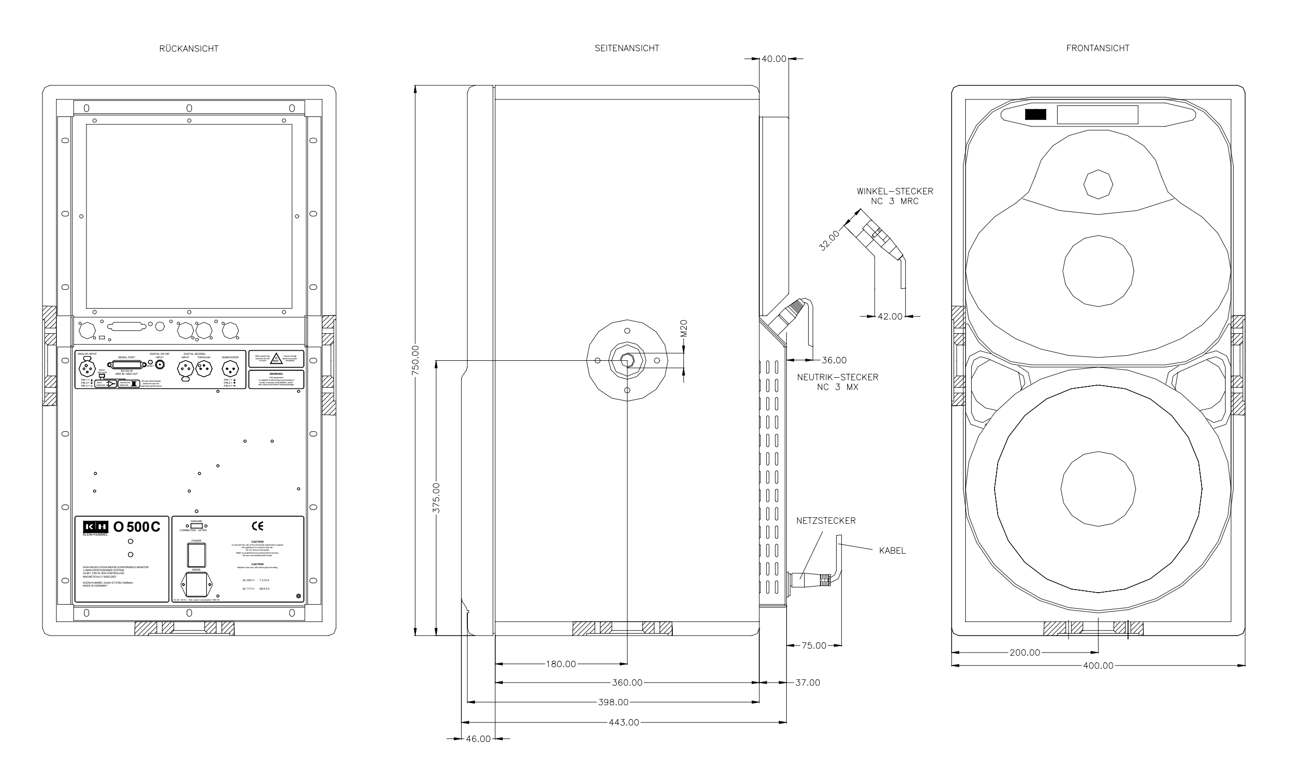


Abb. 2.1/1: Die Abmessungen des O 500 C

Stativmontage

Die Abb. 2.1/2 zeigt die Montage des O 500 C auf den K + H Stativneigeadapter LH36, der die Montagemöglichkeit im Gehäuseboden des O 500 C verwendet. Über den K + H TV-Zapfen LH29 bzw. Flanschbuchse LH28 kann eine Montage auf Stativen erfolgen.
Alternativ zum Stativneigeadapter kann auch der Haltebügel LH35 eingesetzt werden, der die beiden seitlichen Montagemöglichkeiten des O 500 C verwendet, wodurch natürlich der Platzbedarf in der Breite erhöht wird. Abb. 2.1/3 zeigt seine Montage. Auch dieser kann in Verbindung mit TV-Zapfen LH29 bzw. Flanschbuchse LH28 zur Montage auf Stativen eingesetzt werden. Die Verwendung des Haltebügels erlaubt auch eine Montage des O 500 C von der Decke herabhängend.

Liegender Betrieb

Bei Anwendungen, bei denen ein stehender Betrieb des O 500 C aus platzlichen Gründen nicht möglich ist, kann eine Spezialversion mit um 90 Grad gedrehter Hoch-Mittelton-Einheit sowie Kühlkörpern mit gedrehter Ventilationsrichtung bestellt werden, so dass der Lautsprecher auf der Seite liegend betrieben werden kann. Somit ist trotz liegender Aufstellung die vertikale Anordnung von Hoch- und Mitteltöner sowie eine optimale Abführung der Verlustwärme gewährleistet. Die erwähnten Änderungen können auch nachträglich im K + H-Werk durchgeführt werden.

Einbau

Für den Einbau des O 500 C in eine Wand mit ungenügenden rückwärtigen Belüftungsmöglichkeiten ist ein Montagesatz erhältlich, mittels dem der Elektronikeinschub auf der Rückseite des O 500 C getrennt von diesem an einem Ort mit ausreichender Luftzufuhr montiert werden kann. Bei Geräten, die mit dieser Option bestellt wurden, ist der Montagesatz bereits vormontiert, allerdings ist er auch nachträglich erhältlich.

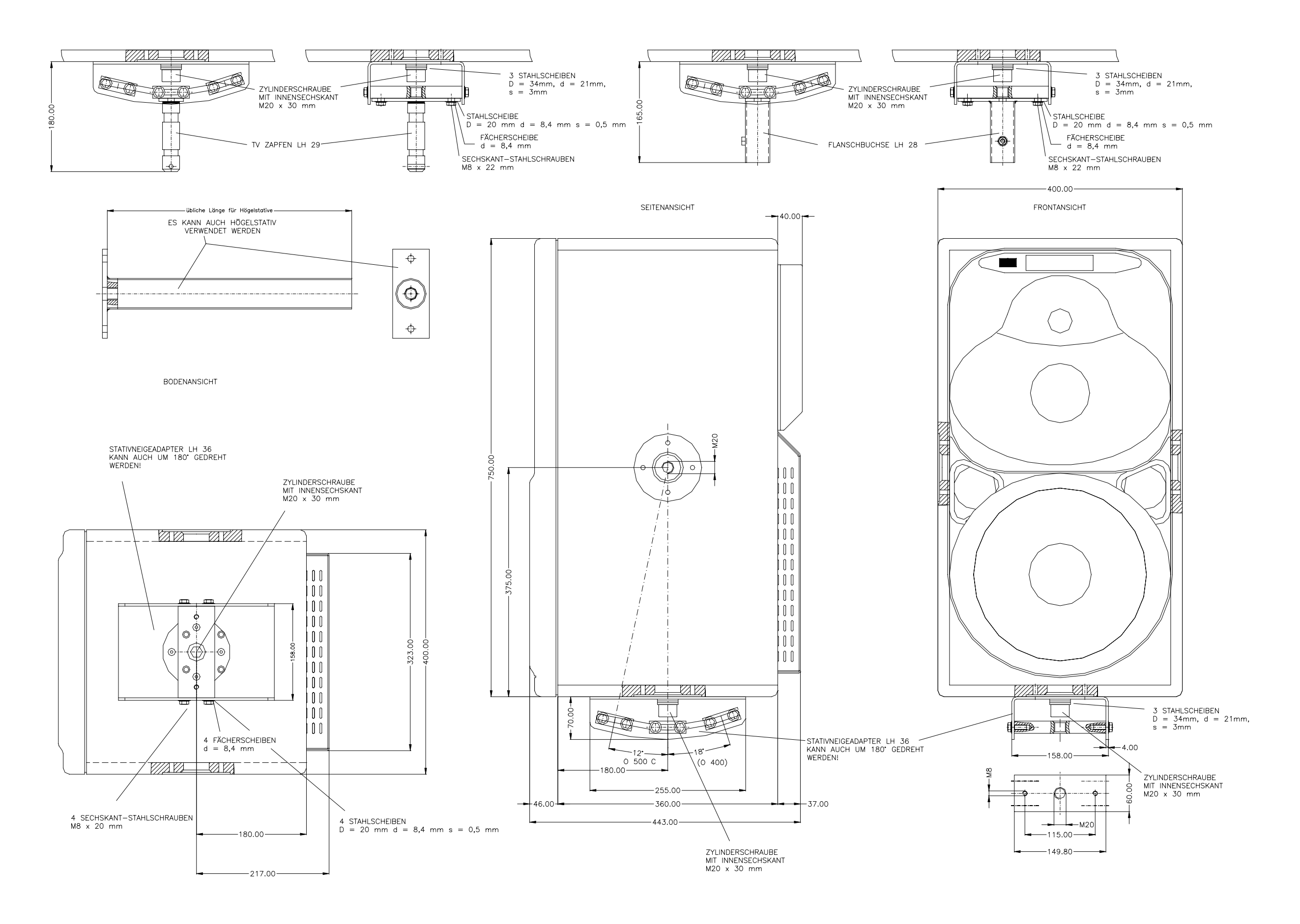


Abb. 2.1/2: Die Montage des Stativneigeadapters LH36

Abb. 2.1/3: Die Montage des Haltebügels LH35

2.2 Anschlüsse und Verkabelung

2.2.1 Anschlüsse auf der Rückwand

Sämtliche Anschlüsse des O 500 C befinden sich auf der Rückwand. Diese sind in zwei Bereichen angeordnet: Zum einen die Signalanschlüsse im mittleren Bereich der Rückwand und schließlich der Netzanschluss im unteren Teil. Beim Einbau des Lautsprechers ist im Fall von beengten platzverhältnissen der minimale Biegeradius der angeschlossenen Leitungen zu beachten!

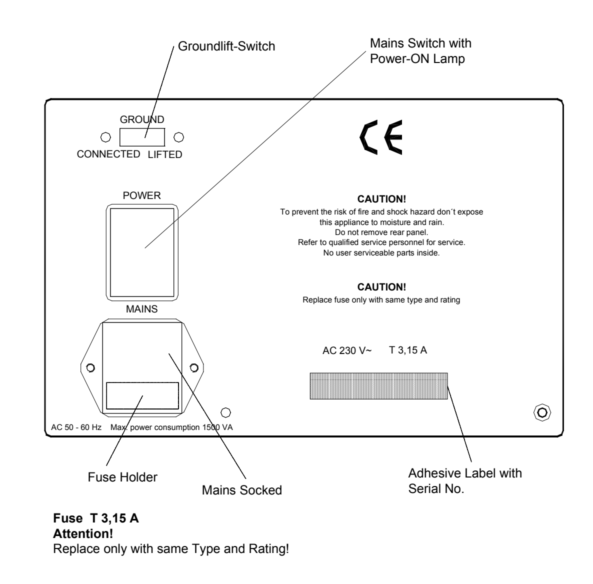


Abb. 2.2/1: Die Anschlüsse am unteren Teil der Rückwand

Netzanschluss, Netzschalter, Groundlift

Abb. 2.2/1 zeigt die Anschlüsse, die sich am unteren Teil der Rückseite des O 500 C befinden.
Die Verbindung des O 500 C mit dem Stromnetz wird über die Kaltgerätebuchse hergestellt,

die außerdem die Netzsicherung beinhaltet.
Über der Netzbuchse ist der Netzschalter angeordnet, mit dem der O 500 C einschaltet wird. In der Schalterwippe ist eine Kontrollleuchte eingelassen, die diesen Zustand signalisiert.
Der Groundlift-Schalter dient zur Trennung von Netzerde und Signalmasse und sollte nur im Falle von Brummstörungen in die Stellung „Liftet“ geschaltet werden.

Signalanschlüsse

Die Signalanschlüsse im mittleren Bereich der Rückwand direkt unterhalb des Kühlkörpers sind in Abb. 2.2/2 gezeigt. Im Folgenden werden die Anschlüsse in der Reihenfolge von rechts nach links beschrieben:

Analog Input:

An diesen XLR-F Verbinder werden analoge Signalquellen angeschlossen. Über den rechts daneben angeordneten Schiebeschalter „**Input Section**“ kann die Betriebsart des analogen Eingangs ausgewählt werden: Befindet sich der Schiebeschalter in der linken Stellung, wird das ankommende analoge Signal mit einem Differenzverstärker elektronisch desymmetriert, während es bei Stellung des Schalters in der rechten Position auf einen Eingangsübertrager gegeben wird. Obwohl es sich bei dem verwendeten Übertrager um eine sehr hochwertige Ausführung handelt, solte im Interesse einer optimalen Signalübertragung stets die Option „elektronisch symmetrisch“ eingestellt sein, sofern keine Brummstörungen auftreten.

Serial Port:

Dieser Anschluss (SUB-D 25 Pin) hat mehrere verschiedene Funktionen:
Zum einen liegt hier die serielle RS-232 Schnittstelle an, über die mittels eines externen PCs die Lautsprecherparametersätze in den O 500 C geladen werden.
Des weiteren liegt an diesem Stecker eine vollständige MIDI-Schnittstelle (In, Out, Through) an, mit der mehrere O 500 C verbunden werden können.
Optional ist es möglich, ein Memory-Modul an diese Buchse anzuschließen, auf dem Lautsprecherparametersätze und Einstellungen des Digitalcontrollers abgelegt und eingespielt werden können.
In Kap. 4 wird die Anschlussbelegung dieser Buchse sowie die erforderlichen Verbindungskabel detailliert beschrieben.

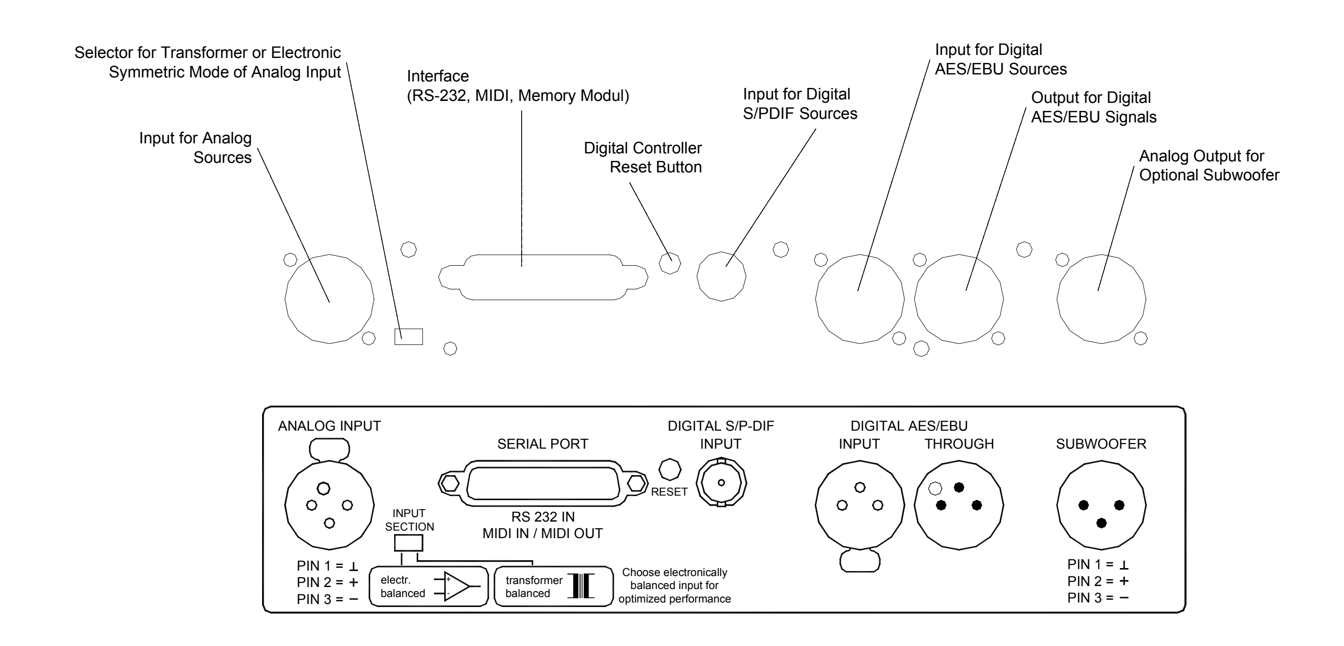


Abb. 2.2/2: Die Signalanschlüsse im mittleren Teil der O 500 C - Rückwand

Reset:

Mit dem Reset-Taster wird ein Neustart des internen Digitalcontrollers ausgelöst, wie er auch beim Einschalten des O 500 C mit dem Netzschalter erfolgt.

Digital S/P-DIF Input:

An diese BNC-Buchse werden ankommende digitale S/P-DIF Audiosignale angeschlossen. Die Auswahl der Signalquelle wird im Kap. 3.2 beschrieben. Bei Verwendung dieses Eingangs darf an dem nachfolgend beschriebenden AES/EBU Input nichts angeschlossen sein!

Digital AES/EBU Input:

Ankommende digitale Signale nach dem AES/EBU-Format werden an diese XLR-F Buchse angeschlossen. Wenn dieser Anschluss für digitale Signale benutzt wird, so darf an der BNC-Buchse („S/P-DIF Intput") nichts angeschlossen sein!

Digital AES/EBU through:

An dieser XLR-M Buchse liegt das digitale Audiosignal, was in den S/P-DIF Input oder den AES/EBU Input eingespeist wurde, im AES/EBU-Format an, um es z.B. zu einem zweiten O 500 C weiterzuleiten. In einem solchen Fall kann an jedem Lautsprecher der Kanal des Digitalsignals eingestellt werden, der von ihm wiedergegeben werden soll.

Subwoofer:

An dieser XLR-M Buchse liegt das analoge Ausgangssignal des vierten Weges des Digitalcontrollers an. Er dient dem Anschluss eines zusätzlichen externen Subwoofers, wofür natürlich ein spezieller 4-Wege-Lautsprecherparametersatz geladen werden muss. Aus diesem Grunde führt diese Buchse im Normalbetrieb kein Signal.

2.2.2 Anschlussvarianten

Kabel

Die Abbildungen 2.2/3 bis 2.2/5 zeigen die Verschaltungsvorschriften der Kabel, die in Verbindung mit den weiter unten beschriebenen Anschlussvarianten zum Einsatz kommen.

Für alle symmetrischen Verbindungen, wie z.B. der Anschluss des O 500 C an ein Mischpult mit studiosymmetrischen Ausgängen oder auch für digitale AES/EBU Verbindungen kommt das in Abb. 2.2/3 gezeigte sym-

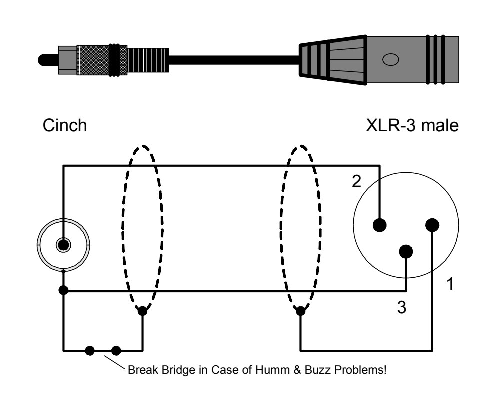


Abb. 2.2/4: Adapterkabel von Cynch auf XLR

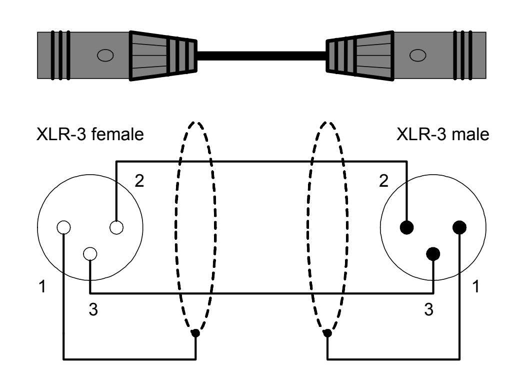


Abb. 2.2/3: XLR(f)-XLR(m) Standardkabel

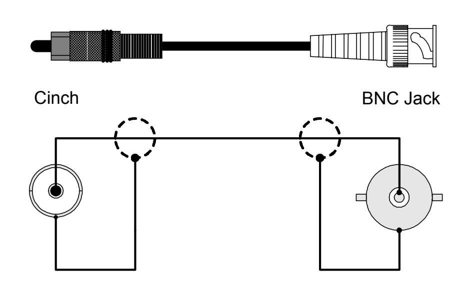


Abb. 2.2/5: Adapterkabel von Cynch auf BNC

metrische Kabel zum Einsatz. Im Falle von AES/EBU-Verbindungen sollte das Kabel einen Wellenwiderstand von 110 Ohm aufweisen.

Zum Betrieb des O 500 C an analogen Signalquellen mit asymmetrischen Ausgängen wie z.B. Consumergeräte muss ein Adapterkabel gemäß Abb. 2.2/4 bereitgestellt werden. Obwohl Consumergeräte i.d.R. nicht geerdet werden (Euronetzstecker), ergeben sich versteckte Brummschleifen oftmals über den geerdeten Antennenanschluss von Tunern oder TV-Geräten. Sollte es zu Brummproblemen kommen, die sich durch Betätigen des GND-Liftschalters und durch Umschaltung auf den trafosymmetrischen Eingang (siehe Abschnitt 2.2.1) nicht beseitigen lassen, muss die in der Abbildung gezeigte Verbindung zwischen Kabelabschirmung und der Minus-Leitung (von Pin 3) durchtrennt werden. Auf der Seite der Cynchbuchse wird die Abschirmung in diesem Fall also nicht angeschlossen!

Der Anschluss des O 500 C an ein Consumergerät mit digitalem S/PDIF - Ausgang erfordert schließlich ein Kabel gemäß Abb. 2.2/5, sofern kein BNC Ausgang hierfür vorhanden ist.

Anschlussbeispiele

In den Abbildungen 2.2/6 bis 2.2/9 sind einige Beispiele dargestellt, wie der O 500 C an die Signalquelle angeschlossen wird.

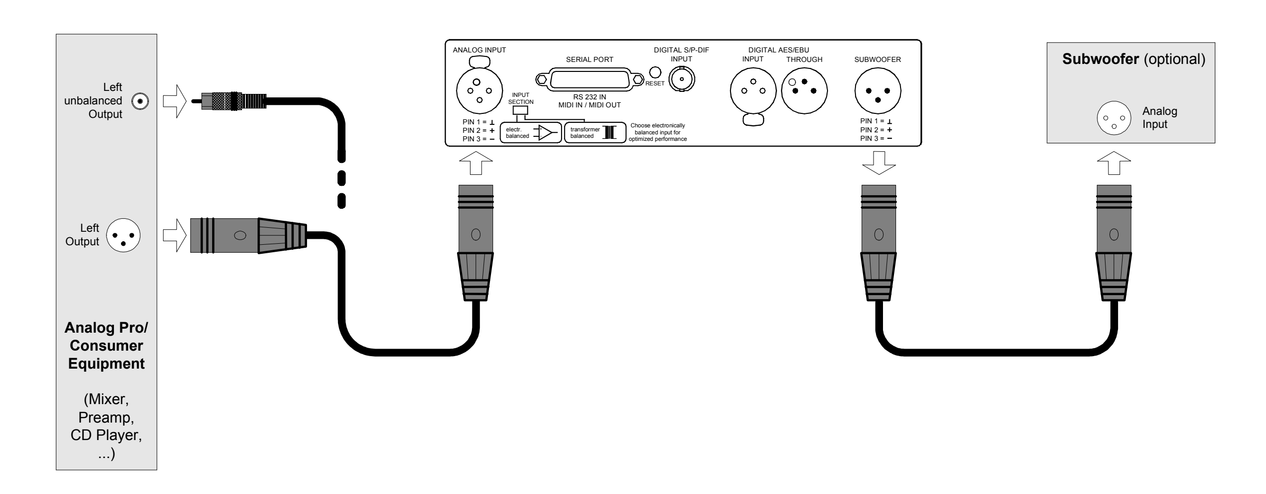


Abb. 2.2/6: Betrieb des O 500 C und evtl. eines zusätzlichen Subwoofers an einer analogen Signalquelle. Während bei Studiogeräten ein übliches XLR m-f Kabel gemäß Abb. 2.2/3 verwendet wird, muss bei unsymmetrischen Ausgängen ein Adapterkabel gemäß Abb. 2.2/4 angefertigt werden.

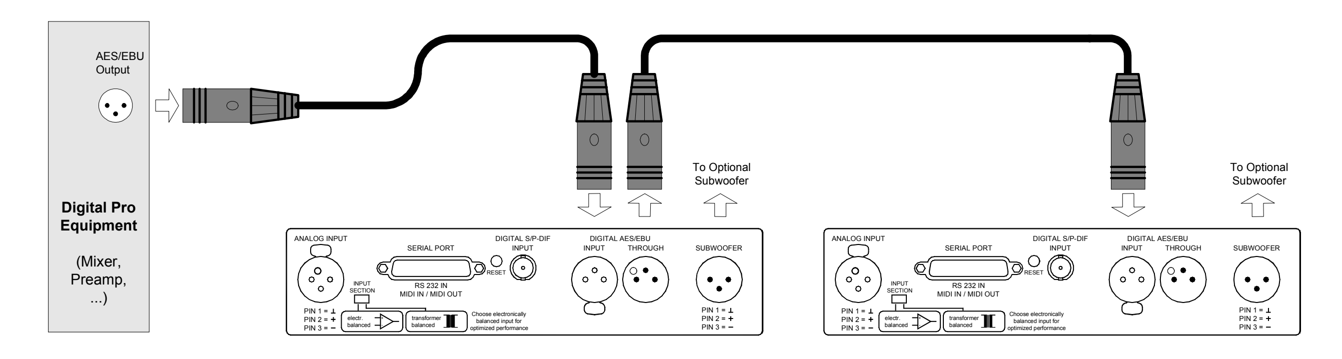


Abb. 2.2/7: Betrieb des O 500 C an einer Signalquelle mit digitalem AES/EBU Ausgang. Der wiederzugebende Kanal kann getrennt für jeden Lautsprecher im MAIN-Menü unter „Digital Input Select" angewählt werden (siehe Kapitel 3.2)

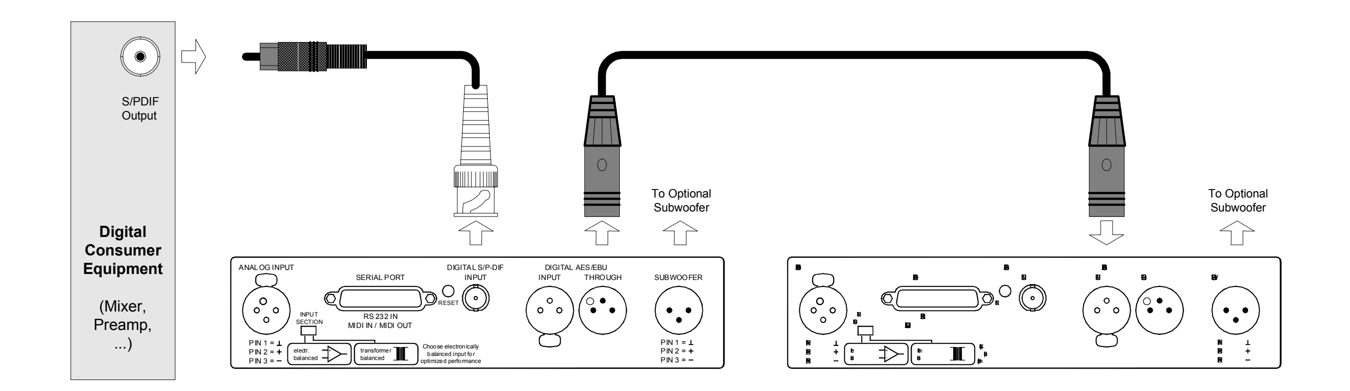


Abb. 2.2/8: Betrieb des O 500 C an einer Signalquelle mit digitalem S/PDIF Ausgang (z.B. bei Consumergeräten). Der AES/EBU Ausgang wird zum Weiterschleifen des Signals verwendet. Die Einstelung des wiederzugebenden Kanals erfolgt auch hier getrennt für jeden Lautsprecher und wird in Kap. 3.2 beschrieben.

2.3 Die Anzeigen auf der Schallwand

Sämtliche Anzeigen auf der Schallwand liegen unter der ovalen Plexiglasabdeckung, die über dem Hochtonhorn angeordnet ist. Anhand von Abb. 2.3/1 erfolgt eine Beschreibung der Anzeige in der Reihenfolge von links nach rechts:

- Beleuchtetes K + H Logo als Bereitschaftskontrolle: Leuchtet erst auf, wenn der Digitalcontroller ordnungsgemäß gestartet ist. Es besteht die Möglichkeit, diese Logobeleuchtung abzuschalten, siehe Kap. 3.3
- Vakuumfloureszens-Display (blau) mit 2x24 Zeichen (VF-Display), in der Helligkeit veränderbar (siehe Kap. 3.3)
- Infrarot-Empfänger für den mitgelieferten IR-Fernbedienungsgeber
- Warnsignal „LIMIT“, welches bei aktiven Limitern (siehe Kap. 1.7) aufleuchtet

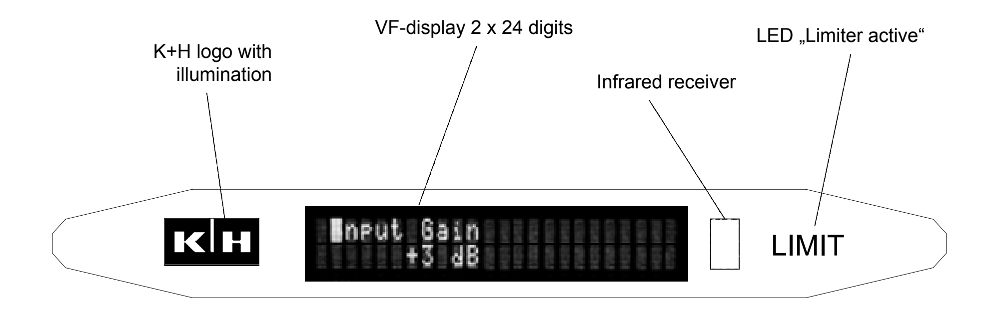


Abb. 2.3/1: Die Anzeigen des O 500 C

2.4 Aufrufen des Lautsprecherparametersatzes

Der O 500 C wird mit den bei Bestellung vereinbarten Lautsprecherparametersätzen ausgeliefert, die im Flashrom-Baustein des Digitalcontrollers gespeichert sind.
Bei der ersten Inbetriebnahme des Lautsprechers ist zu kontrollieren, ob der richtige Lautsprecherparametersatz aktiviert ist. Ist dies nicht der Fall, muss der richtige Parametersatz herausgesucht und aufgerufen werden.

Der O 500 wird mit Hilfe der mitgelieferten IR-Fernbedienung eingestellt, diese ist hierzu auf das VF-Display zu richten.
Es wird wie folgt vorgegangen:

- Den Lautsprecher mit dem Netzschalter auf der Rückseite einschalten
- Abwarten, bis der Digitalcontroller gestartet ist und das K + H Logo aufleuchtet
- Auf dem Display erscheint der Menüpunkt „Input Gain“ mit einem voreingestellten dB-Wert
- Durch Betätigen down-Pfeiltaste auf der Infrarotfernbedienung wird bis zum Menüpunkt *Speaker Select* gestapt, die Anzeige „*Monitor/Subwoofer*“ erscheint.
- Mit Hilfe der left-Pfeiltaste den blinkenden Cursor in den linken Displaybereich bewegen (an die Stelle des „M“ von *Monitor*)
- Durch Betätigung der +/-Inkrementtasten die richtige Bezeichnung unter „*Monitor*“ einstellen und mit der Entertaste bestätigen
- Der blinkende Punkt in der Mitte des Displays fordert zum Bestätigen der Einstellungen mit der Entertaste auf. Wenn dies korrekt geschehen ist leuchtet der Punkt dauerhaft auf.
- Mit der right-Pfeiltaste in die rechte Displayhälfte wechseln (an die Stelle des „S“ von *Subwoofer*) und hier ebenfalls so verfahren wie im vorherigen Punkt beschrieben
- Durch Drücken der up-Pfeiltaste auf der Fernbedienung in den Menüpunkt „*Input Gain*“ wechseln.
- Mit den +/- Inkrementtasten den gewünschten Signalpegel einstellen
- Der O 500 C ist nun betriebsbereit, bei erneutem Aus- und Wiedereinschalten wird der zuletzt geladene Parametersatz sowie alle anderen Einstellungen wieder aktiviert.

Hinweis: Das Aufrufen des Lautsprecherparametersatzes ist nur möglich, wenn der Menüpunkt *Speaker Select* aufgrund der eingestellten Hierarchieebene auch angewählt werden kann! Siehe hierzu die folgenden Kapitel 3.1 und 3.3.

3.1 Menüstruktur und Bedienungskonzept

Die Bedienung des O 500 C-Digitalcontrollers basiert auf einer Menüstruktur, bei der die einzelnen Menüpunkte in drei Menüs zusammengefasst sind:

- **Main – Menu (Kap. 3.2):** In diesem Menü sind die für den normalen Betrieb des Controllers am häufigsten benötigten Einstellmöglichkeiten zusammengefasst, wie z.B. die Anpassung des O 500 C an das Eingangssignal, das Aufrufen und Abspeichern von Setups, die Einstellung des integrierten Delays usw. Außerdem wird hier im Punkt *Speaker Select* die Auswahl des gewünschten Lautsprecherparametersatzes vorgenommen.

- **System – Menu (Kap. 3.3):** Dieses Menü beinhaltet seltener benötigte Grundeinstellungen von Soft- und Hardware des O 500 C, wie z.B. die Konfigurierung des Midi-Kanals, die passwortgeschützte Umschaltung zwischen den Benutzer-Schutzebenen usw.

- **EQ – Menu (Kap. 3.4):** Dieses Menü ist ausschließlich für die Bedienung des integrierten parametrischen Equalizers bestimmt, mit dem Änderungen im Gesamtfrequenzgang des Systems vorgenommen werden können (z.B. zur Anpassung an den Abhörraum).

Das Aufrufen und Einstellen der einzelnen Menüpunkte geschieht mittels der folgenden Tasten auf der mitgelieferten IR-Fernbedienung (siehe auch Kap. 4.1):

- **Menüwahltasten:** Sys - Main - EQ zum Auswählen des Menüs

- vier **Pfeiltasten:** up - down - left - right zum Durchschalten der einzelnen Menüpunkte eines Menüs

- die beiden unter der left bzw. right-Pfeiltaste angeordneten **+/- Inkrementtasten** zum Verändern von Einstellungen und Werten

- Die **Enter-Taste** in der Mitte der Pfeiltasten

Die weiteren Tasten der IR-Fernbedienung werden im Kap. 4.1 erläutert.

Beim Betätigen einer der Menüwahltasten wird in die Kopfzeile des entsprechenden Menüs gesprungen, bei Betätigung der Main-Taste erscheint beispielsweise der Schriftzug „K + H O 500 C - Main Menu“ auf dem VF-Display des O 500 C

Ausgehend von der Menü-Kopfzeile kann nun durch Betätigen der down-Pfeiltaste durch sämtliche sichtbaren Menüpunkte des entsprechenden Menüs geschaltet werden. Um sich im Menü wieder nach oben in Richtung Kopfzeile zu bewegen, wird die up-Pfeiltaste betätigt.

Wenn man einen Menüpunkt aufgerufen hat, erscheint links in der oberen Zeile des VF-Displays der Name des Menüpunktes:



Abb. 3.1/1: Der Menüpunkt 4 (Input Gain) des Main-Menüs

Durch Drücken der +/- Inkrementtasten kann nun der Parameter an der durch den blinkenden Cursor markierten Stelle verändert werden. Hierbei kann es sich um die Veränderung eines Zahlenwertes oder auch um das Durchschalten von Optionen handeln. In Abb. 3.1/1 beispielsweise steht der blinkende Cursor an der Stelle „Input Gain“ Durch Betätigen der +/- Inkrementtasten wird dann dieser Wert verändert.

Bei manchen Menüpunkten ist die Veränderung nicht sofort wirksam:
Nach Einstellung eines Parameters wird dieser erst durch anschließendes Drücken des Inkrementgebers (Enter-Funktion) von der Software übernommen.
Ein runder Punkt in der oberen rechten Ecke des VF-Displays signalisiert diese Zustände:
Die Veränderung eines Parameters wird durch Blinken, die Übernahme der Änderung durch kontinuierliches Leuchten des Punktes angezeigt.

Anmerkung:
Wird ein Menüpunkt nach Veränderung eines Parameters ohne das abschließende Drücken des Inkrementgebers verlassen, sei es durch Aufruf eines anderen Menüpunktes im selben Menü, durch Wechsel in ein anderes Menü mit den Menütasten oder nach Verstreichen eines Zeitraumes von ca. 5 Min. ohne weitere Eingabe bleibt der ursprünglich eingestellte Parameter erhalten.

Bietet ein Menüpunkt mehrere einstellbare Parameter an, so sind diese nebeneinander angeordnet. Zur Veränderung eines anderen Parameters kann der blinkende Cursor durch Betätigen der left-Pfeiltaste oder right-Pfeiltaste an die entsprechende Position bewegt werden.

Bei manchen Menüpunkten können aufgrund der Anzahl nicht alle zu verstellenden Parameter gleichzeitig auf dem VF-Display angezeigt werden. In diesem Falle ist der Menüpunkt auf mehrere Tafeln aufgeteilt, die man sich „nebeneinander“ angeordnet vorstellen kann.
In solchen Menüpunkten wird die Position der benachbarten Tafel(n) durch einen Pfeil (durch zwei Pfeile) in der rechten oberen Ecke des VF-Displays angezeigt.
Um in eine benachbarte Tafel zu gelangen, wird der sich am letzten Parameter der aktuellen Tafel befindliche Cursor mit der left-Pfeiltaste oder der right-Pfeiltaste auf die benachbarte Tafel bewegt, die dann auch angezeigt wird.
Beispiele für die Aufteilung eines Menüpunktes auf mehrere Tafeln sind z.B. die Punkte 10...13 des Main-Menüs.

Diese allgemeine Beschreibung der Bedienung gilt für alle Menüpunkte. Auf evtl. Besonderheiten bei einzelnen Menüpunkten wird in der nun folgenden Beschreibung der Menüpunkte eingegangen.

0	K+H O 500 C Main Menu									
No. / Name of Menu Step		Options	Units	Default Settings	User Security Levels 0	1	2	3	4	5
1	Load Setup	No. / Name	0 ... 59 / Name	000 Default Setup		X	X	X	X	X
2	Save Setup	Enter Setup Name / Enter Setup No.	0 ... 59 / Name	Default Setup / 000					X	X
3	Input Gain	Gain [dB]	-83...0...+45 dB	-25			X	X	X	X
4	Gain Offset	Analog [+/- dB]	-30...30 dB	0						X
		Digital [+/- dB]	-30...30 dB	-13						
5	Mute	Mute on / Mute off	---	off				X	X	X
		Mute Attenuation [-dB]	-127...0 dB	-20						
6	Input Select	Analog / Digital	---	Analog					X	X
7	Digital Input Select	left / right / left+right	---	left					X	X
8	Speaker Select (Matrix)	Monitor	---	---				X	X	X
		Subwoofer	---	---						
9	Master Delay	Delay Time [ms]	0...999 ms	0					X	X
		Distance [m]	0...339,9 m	0						
10	Delay Offset	---	0...5759 us	0					X	X
11	Channel Mute	High, Mid, Low, Sub [yes/no]	---	no						X
12	Channel Gain	High, Mid, Low, Sub [dB]	-18...6 dB	0.0						X
13	Channel Phase Invert	High, Mid, Low, Sub [yes/no]	---	no						X
14	Channel Delay	High, Mid, Low, Sub [ms]	0...92,1 ms	0.0						X
15	Delay Link	off / Mid+Hi / Low+Mid+Hi	---	Low+Mid+Hi						X
16	Limiter	Lim. Release [dB/s]	10...250 dB/s	250						X
		Display Test (via Enter)	---	---						
17	PWR Amp -10dB	on / off	---	off			X	X	X	X
18	Limit Indication Slope		0...250 [10] ms	0						X

Hinweis:

Die Aufstellung in den folgenden Kapiteln beinhaltet sämtliche Menüpunkte der O 500 C - Software. Welche davon sichtbar und somit auch zugänglich sind, hängt von der eingestellten Benutzer-Hierarchieebene ab (siehe System-Menü Kap. 3.3, Menüpunkt 3).

Ob der jeweilige Menüpunkt in der eingestellten Hierarchieebene sichbar ist, geht aus der zusammen mit der Menüpunktübersicht abgebildeteten Hierachieebenenübersicht hervor: Ein Kreuz („X“) symbolisiert die Sichtabarkeit des entsprechenden Menüpunktes.

3.2 Main – Menü

(Eprom-Version-Nr. KH 1.051)

Erläuterung der einzelnen Menüpunkte:

0 K+H Pro C 28
- Main Menu -
(Menüüberschrift)

1 Load Setup

In diesem Menüpunkt können Setups geladen werden. Ein Setup beinhaltet sämtliche Einstellungen aller Menüpunkte des Main - Menüs mit Ausnahme des Menüpunktes *3 Input Gain* sowie sämtliche Einstellungen des EQ-Menüs. Des weiteren ist der Status der Logobeleuchtung (on/off, siehe System-Menü) enthalten. Das Aufrufen erfolgt durch Drücken der +/- - Inkrementtasten, bis der Name des gewünschten Setups angezeigt wird. Dieses wird durch anschließendes Drükken der Entertaste übernommen.
Die Setups 1 - 4 können auch direkt über die Tasten Setup 1 ... Setup 4 auf der Fernbedienung aufgerufen werden, die Setups 10 - 19 können über die 10er-Tastatur direkt angewählt werden.

2 Store Setup

Um die Einstellungen des Main-Menüs und EQ-Menüs in einem neuen Setup abzuspeichern, wird zunächst unter *Enter Setup Name* der gewünscht Setup-Name gewählt, indem man nach Betätigen der Entertaste mit der down - Pfeiltaste ein Zeichen A, a, 0, einstellt und dann hiervon ausgehend die gewünschten Buchstaben bzw. Zahlen durch Drücken der +/- - Inkrementtasten auswählt. Mittels der left / right - Pfeiltasten wird der Cursor zwischen den einzelnen Stellen des Wortes bewegt. Nach Eingabe des gewünschten Namens wird nun durch Drücken der Entertaste

unter *Enter Setup No.* die Nummer des Setups gewählt. Abschließend werden die Eingaben durch Drücken der Entertaste übernommen. Das Setup kann zukünftig unter *1 Load Setup* wie oben beschrieben aufgerufen werden. Da der Menüpunkt *Input Gain* als einziger nicht in den Einstellungen eines Setups enthalten ist, bleibt die eingestellte Lautstärke beim Umschalten zwischen zwei Setups konstant. Falls dennoch Setups mit verschiedenen Lautstärken gewünscht sind, so können diese im Menüpunkt *Gain Offset* getrennt für den analogen und digitalen Eingang eingestellt werden. Hinweis: Der Menüpunkt Store Setup kann durch Drücken der System - Menütaste vorzeitig wieder verlassen werden.

Wichtiger Hinweis: Die Setups sowie die augenblicklichen Einstellungen in sämtlichen Menüpunkten werden im SRAM-Baustein des Digitalcontrollers gespeichert, der bei ausgeschaltetem Gerät über eine Lithiumbatterie gepuffert wird. Diese Batterie verfügt über eine nicht näher zu spezifizierende Lebensdauer von i.d.R. mehreren Jahren und ist dann durch qualifiziertes Servicepersonal auszutauschen.

3 Input Gain

In diesem Menüpunkt wird der Pegel des am analogen bzw. digitalen Eingang anliegenden Audiosignals verändert. Beim Einschalten des O 500 C wird standardmäßig dieser Menüpunkt aufgerufen.

4 Gain Offset

Dieser Menüpunkt erlaubt eine für den digitalen und analogen Eingang getrennte Voreinstellung der Verstärkung. Bezogen auf den Signalfluss greifen dieser sowie der vorherige Menüpunkt *Input Gain* an derselben Stelle ein.

5 Mute

Wenn *Mute on* aktiviert ist, wird der Signalpegel um den bei *Mute Attenuation* eingestellten Wert abgesenkt.

6 Input Select

In diesem Menüpunkt wird der Eingang ausgewählt, an dem die speisende Signalquelle angeschlossen ist. Bei Auswahl der Option *Digital* wird der O 500 C durch die Signalquelle getaktet, der interne Taktgenerator ist dann ausgeschaltet.

7 Digital Input Select

In diesem Menüpunkt kann der wiederzugebende Kanal des digitalen Einganges ausgewählt werden. Bei einer normalen Stereo-Anordnung zweier Lautsprecher ist hier beim linken Lautsprechers die Einstellung „left“, beim rechten Lautsprecher dementsprechend die Einstellung „right“ zu wählen.
In der Stellung „left + right“ wird die Monosumme der beiden Kanäle wiedergegeben.

8 Speaker Select

Dieser Menüpunkt dient dem Laden des Lautsprecherparametersatzes. Unter „*Monitor*“ und „*Subwoofer*“ werden jeweils durch Drücken der +/- Inkrementtasten die eingesetzten Lautsprechersysteme bzw. gewünschte Entzerrungen angewählt. Anschließend wird nun durch Drücken der Entertaste der zugeordnete Lautsprecherparametersatz geladen. Dieses Laden wird durch einen Signalton quittiert und kann auch während der Wiedergabe erfolgen. Wenn der ausgewählte Lautsprecherparametersatz nicht verfügbar ist, erscheint nach dem Quittieren die Fehlermeldung „not available“ und der vorher geladene Patarametersatz ist wieder aktiv.

9 Master Delay

In diesem Menüpunkt kann die Signallaufzeit durch den O 500 C in ms und m eingestellt werden, wobei die untere Laufzeitgrenze durch den geladenen Lautsprecherparametersatz und der Grundlaufzeit des Digitalcontrollers definiert wird. Ausgehend von diesem minimalen Wert kann hier die Laufzeit um maximal 999 ms (entspr. 339,9m) erhöht werden.

10 Delay Offset

In diesem Menüpunkt kann die Verzögerung des Gesamtsignals in feinen Abstufungen variiert werden, um bei einem mehrkanaligen Setup die Grundlaufzeiten der Lautsprecher aneinader anzupassen.

11 Channel Mute

In diesem Menüpunkt kann jeder einzelne Weg (High, Mid, Low sowie ein evtl. angeschlossener Subwoofer) stummgeschaltet

werden. Die Änderung des Status (Mute on/ off) geschieht durch Drücken der +/- Inkrementtasten.

12 Channel Gain

Mit diesem Menüpunkt kann der Pegel eines Weges um max. +6/-18 dB verändert werden, wobei sich bezüglich der Wahl des Weges dieselben Optionen wie im vorherigen Menüpunkt ergeben.

13 Channel Phase Invert

In diesem Menüpunkt kann die Phasenlage für jeden Weg getrennt invertiert werden. Es ergeben sich dieselben Einstelloptionen wie in den vorhergehenden Menüpunkten.

14 Channel Delay

In diesem Menüpunkt kann eine individuelle Signalverzögerungszeit für jeden einzelnen Weg eingestellt werden, zum Beispiel um unterschiedliche Signallaufzeiten zwischen dem O 500 C und einem angeschlossenen Subwoofer auszugleichen.

15 Delay Link

In diesem Menüpunkt können einzelne Lautsprecherwege für die Einstellung der Wege-Verzögerungen im vorherigen Menüpunkt *Channel Delay* zusammengefasst werden, so dass sich die Verzögerungszeiten in mehreren Wegen (Mid+High oder Low+Mid+High) gleichzeitig einstellen lassen.

16 Limiter

Dieser Menüpunkt ermöglicht eine Veränderung der Release-Zeitkonstante des Peak-Limiters (siehe Kap. 1.7), der vor Endstufenclipping sowie vor zu großen Membranauslenkungen schützt. Der gewünschte Wert wird durch Drücken der +/- Inkrementtasten eingestellt.

17 PWR Amp -10 dB

Durch Auswahl der Option „on“ werden die Verstärkungen der Endverstärker des O 500 C um 10 dB verringert. Bei niedrigen Abhörlautstärken sollte diese Einstellung gewählt werden, um so durch die dann notwendige höhere Einstellung im Menüpunkt *2 Input Gain* eine ähnliche Wortbreite des digitalen Audiosignals wie bei höheren Lautstärken zu gewärleisten.

18 Limit Indication Slope

In diesem Menüpunkt kann die Ansprechschwelle des Limit-Signals auf der Frontseite des O 500 C in Schritten von 10 ms bis maximal 250 ms verzögert werden. Da die digitale Limiterstruktur des O 500 C im Gegensatz zu herkömmlichen (digitalen) Limitern auch auf kürzeste Pegelüberschreitungen reagiert, die i. d. R. akustisch nicht wahrgenommen werden können, kann somit die Signalisierung der Limiter an die akustische Hörbarkeit angepasst werden.

0	K+H O 500 C System Menu								
No. / Name of Menu Step	Options	Units	Default Settings	User Security Levels					
				0	1	2	3	4	5
1 Brightness	Display [%]	25,50,100 %	100			X	X	X	X
2 Midi Settings	Channel	1…16	1						X
	out [out only / out-trough / loop]	---	out only						
	Baudrate [Midi / RS232]	31250 / 9600	RS-232 (9600)						
	ParaChg [on / off]	---	off						
	TX-Chn	1…16, OCM	1						
	Midi-Monitor [start]	---	---						
3 Security Level / Password	Load Level Nr.	0…5	5	X	X	X	X	X	X
	Passwort	---	locked						
4 Change Password	(Name)	---	0000						X
5 IR Control	[on / off]	---	on	X	X	X	X	X	X
6 AES Stat./ Sample Rate	S.Rate [kHz]	---	---					X	X
7 Version No. (Betriebssystem)	Reeboot	---	---						X
	Initialize	---	---						
8 Service Section	Check LED's and Display	---	---						X
9 Version No. (Eprom)	---	---	App V KH 1.0XX	X	X	X	X	X	X
10 Logo	on / off	---	on			X	X	X	X

3.3 System – Menü

(Eprom-Version-Nr. KH 1.051)

Erläuterung der einzelnen Menüpunkte:

0 K+H PRO C 28
- System Menu -
Menüüberschrift

1 Brightness
In diesem Menüpunkt können verschiedene Helligkeitsstufen für das VF-Display gewählt werden. Die Auswahl der einzelnen Stufen erfolgt durch Betätigung der +/- Inkrementtasten, die Aktivierung durch Drücken der Enter-Taste.

2 MIDI Settings
In diesem Menüpunkt werden die Einstellungen der im O 500 C integrierten MIDI/RS-232 – Schnittstelle festgelegt. Die einzelnen Optionen sind auf mehrere Menütafeln verteilt, zwischen denen mittels der left / right - Pfeiltasten umgeschaltet werden kann. Nähere Angaben hierzu sind dem Kapitel 4.2 zu entnehmen.

3 Security Level / Password
In diesem Menüpunkt können 6 verschiedene Benutzer-Schutzebenen (0...5) für die Bedienung des O 500 C angewählt werden, bei denen jeweils verschiedene Menüpunkte in den drei Menüs sichtbar und damit bedienbar sind. Auf diese Weise kann Art und Umfang der Bedienungsmöglichkeiten des O 500 C an unterschiedlich autorisierte Benutzergruppen angepasst werden, wodurch der Gefahr von Fehlbedienungen in hohem Maße entgegengewirkt wird. Darüber hinaus kann der Monitor in seiner Bedienung wesentlich vereinfacht werden, indem nur noch die für den normalen Betrieb benötigten Menüpunkte sichtbar sind.
Die Schutzebenen können nach Eingabe des Passwortes mit den Ziffern 0...5 aufgerufen werden. Hierzu wird zunächst der Cursor mittels der left bzw. right-Pfeiltaste nacheinander an die einzustellenden Passwort-Stellen gebracht um dort durch Drücken der +/- Inkrementtasten die entsprechenden Zeichen anzuwählen. Unter *Security Level Nr.* wird dann die Nummer der gewünschten Schutzebene durch Drücken des +/- Inkrementtasten und anschließender Betätigung der Enter-Taste angewählt.

4 Change Password
In diesem Menüpunkt kann das Passwort des Digitalcontrollers geändert werden. Hierzu muss zunächst im vorherigen Menüpunkt das noch gültige Passwort wie beschrieben eingegeben und mit Enter bestätigt werden. Wenn der Schriftzug „unlocked“ erscheint, durch einmaliges Betätigen der Down-Pferiltaste in diesen Menüpunkt wechseln. Nach Drücken der Enter-Taste erscheint das soeben eingegebene, noch aktuelle Password. Durch Anwahl der verschiedenen Stellen mit den Left/Right Pfeiltasten und Drücken der +/- Inkrementtasten werden die Stellen des Passwortes geändert. Nach Abschließender Bestätigung mit Enter wird dieses neue Passwort übernommen.
Hinweis: Durch Initialisieren des Gerätes (zB. Durch Anwahl des Menüpunktes *Version No.* des Sys-Menüs oder durch Drücken der Entertaste währen des Einschaltens) wird das Password wieder auf den Standardwert 0000 gesetzt. Hierbei werden aber auch sämtliche vorgenommenen Einstellungen aller Menüs auf ihre Standardwerte (siehe Menüpunkttabellen unter der Spalte „Default Einstellungen“) gesetzt.

5 IR Control
In diesem Menüpunkt kann die Infrarotfernbedienung ein- oder ausgeschaltet werden.
Beim Betrieb von Master-Slave-Anordnungen muss bei dem bzw. den Slavegeräten die IR-Funktion deaktiviert werden. Es kann sonst zu Fehlfunktionen kommen, wenn ein Gerät gleichzeitig Steuerbefehle über IR und MIDI erhält.

6 AES Stat. / Sample Rate
Dieser Menüpunkt zeigt die Taktfrequenz an, mit der der Digitalcontroller des O 500 C arbeitet. Es handelt sich um einen reinen Status-Monitor, bei dem keine Eingaben möglich sind.

7 Version No. (Betriebssystem)
In diesem Menüpunkt wird die Versionsnummer des Digitalcontroller-Betriebssy-

stems angezeigt. Des Weiteren kann durch die Bestätigung der Option *Reboot* mit der Entertaste ein Neustart des Digitalcontrollers veranlasst werden. Diese Aktion entspricht einem Neueinschalten des O 500 C, wodurch sämtliche Einstellungen in den einzelnen Menüs erhalten bleiben. Demgegenüber werden durch Auswahl der Option *Initialize* sämtliche Einstellungen der Menüs auf die Standardwerte (Auslieferungszustand) gesetzt. Wenn diese Option durch Drücken der Entertaste bestätigt wird, erfolgt eine weitere Abfrage: Durch Drücken der Main-Menütaste wird die Aktion letztendlich ausgeführt, während man den Menüpunkt durch Drükken der System-Menütaste wieder verlassen kann.

8 Service Section

Dieser Menüpunkt besitzt beim O 500 C keine Funktionalität

9 Version No. (Eprom)

In diesem Menüpunkt wird die Nummer der Software-Version angezeigt, mit der das Gerät arbeitet und die im internen EPROM des Digitalcontrollers gespeichert ist.

10 Logo

In diesem Menüpunkt kann die Logo-Beleuchtung links neben dem VF-Display ausgeschaltet werden. Die Einstellung dieses Menüpunktes wird auch im Main Setup (mit abgespeichert.

0	**K+H O 500 C EQ Menu**								
No. / Name of Menu Step	**Options**	**Units**	**Default Settings**	**User Security Levels 0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1 EQ Set	Low Cut [Hz]	off, 40...80 [10] Hz	off					X	X
	Bass EQ [dB]	-10...0 [2] dB	0						
	Mid EQ [dB]	-5...0 (1) dB	0						
	High EQ [dB]	-4...1 (1) dB	0						
2 EQ	Gain [dB]	-24...0 dB	-3					X	X
	EQ [on / off]		on						
3 EQ 1	Type [HS12, HS6, LS12, LS6, Peak,	---	Peak					X	X
	HP12, HP6, LP12, LP6]	---							
... ...	Q	0,1...6355	2						
12 EQ 10	Frequency [Hz]	---	(misc.)						
	Gain [dB]	-99...12 dB	0.0						
13 Load EQ Setup	No. / Name	0 ... 39 / Name	000 Default Setup				X	X	X
14 Save EQ Setup	Enter Setup Name / Enter Setup No.	0 ... 39 / Name	Default Setup / 000						X

3.4 EQ – Menü

(Eprom-Version-Nr. KH 1.051)

Erläuterung der einzelnen Menüpunkte:

0 K+H Pro C 28
- EQ Menu -

Menüüberschrift

1 EQ Set

In diesem Menüpunkt können die Einstellungen für eine evtl. notwendige Ortsanpassung des O 500 C auf einfache Weise vorgenommen werden. Die Einstellung eines Wertes erfolgt wie üblich durch Drücken der +/- Inkrementtasten, die Übernahme des eingestellten Wertes durch Drücken der Entertaste. Mit den left / right-Pfeiltasten wird der Cursor zwischen den vier Optionen bewegt (siehe auch Kap. 5.1).

2 Gain / EQ

Die in diesem Menüpunkt unter *Gain* einzustellende Absenkung richtet sich nach der größten Anhebung, die in den Menüpunkten *EQ Set* bzw. *EQ1...EQ10* eingestellt wurde, wodurch eine evtl. Übersteuerung der nachfolgenden Signalverarbeitung durch anhebende EQ-Bänder verhindert wird. Mit *EQ off* werden sämtliche in den Menüpunkten *EQ Set* und *EQ1...EQ10* eingestellten EQ-Bänder aus dem Signalweg genommen. Die Einstellung unter *EQ Gain* ist hiervon allerdings nicht betroffen, das heißt der hier eingestellte Wert ist weiterhin gültig.

3 EQ 1...10

Jeder dieser 10 aufeinanderfolgenden Menüpunkte bietet einen vollparametrischen EQ. Die Betriebsart eines jeden EQs lässt sich zwischen Peak- und Shelvingcharakteristik sowie TP- und HP Verhalten umschalten. Dies erfolgt durch Auswahl der jeweiligen Option mittels der +/--Pfeiltasten und anschließender Bestätigung mit Enter. In den weiteren Optionen dieser 10 Menüpunkte können z.B. bei der Betriebsart *Peak* die Güte, Mittenfrequenz und Verstärkung bei der Mittenfrequenz eingestellt werden. Bei Auswahl eines Shelving-filters kann die –3dB-Frequenz sowie die Verstärkung eingestellt werden. Diese Einstellungen werden ohne Bestätigung mit Enter übernommen. (Für ausführlichere Erläuterungen siehe Kap. 5.2).

13 Load EQ Setup

In diesem Menüpunkt können EQ Setups geladen werden. Ein EQ Setup beinhaltet sämtliche Einstellungen der Menüpunkte *EQ1 ... EQ10* sowie des Menüpunktes *EQ Set* Das Aufrufen erfolgt durch Betätigen der +/- Inkrementtasten, bis der Name des gewünschten Setups angezeigt wird. Dieses wird durch anschließendes Drücken der Entertaste übernommen.

14 Store EQ Setup

Um die Einstellungen der Menüpunkte *EQ1 ... 10* des EQ-Menüs in einem neuen Setup abzuspeichern, wird nach Drücken der Entertaste zunächst unter *Enter Setup Name* der gewünscht Setup-Name eingegeben, indem man mit der down - Pfeiltaste ein Zeichen A, a, 0, einstellt und dann hiervon ausgehend die gewünschten Buchstaben bzw. Zahlen mit Hilfe der +/- Inkrementtasten auswählt. Mittels der left / right - Pfeiltasten wird der Cursor zwischen den einzelnen Stellen des Wortes bewegt. Anschließend wird nach Drücken der Entertaste unter *Enter Setup No.* die Nummer des Setups gewählt. Abschließend werden die Eingaben durch erneutes Drücken der Entertaste übernommen. Das Setup kann zukünftig unter *13 Load EQ Setup* wie oben beschrieben aufgerufen werden. Hinweis: Der Menüpunkt Store Setup kann durch Drücken der System - Menütaste vorzeitig wieder verlassen werden.

Anmerkung:

Die Einstellungen der verschiedenen EQs werden ausführlich im Kap. 5 (Raumanpassung) beschrieben.

4.1 Infrarotfernbedienung

Die zum Lieferumfang gehörende Infrarot - Fernbedienung RC 55 besitzt 36 Gummitasten, mit denen sämtliche Funktionen des O 500 C bedient werden können. Zusätzlich zu den Standard - Bedienfunktionen wie Menüwahltasten, Cursortasten und Inkrementtasten, die bereits in Kap. 3 .1 vorgestellt wurden, sind zahlreiche Direktzugriffstasten vorhanden, die wichtige Funktionenen des O 500 C steuern.

Anhand der nachstehenden Abbildung des Fernbedienungsaufdruckes werden die einzelnen Tasten erläutert:

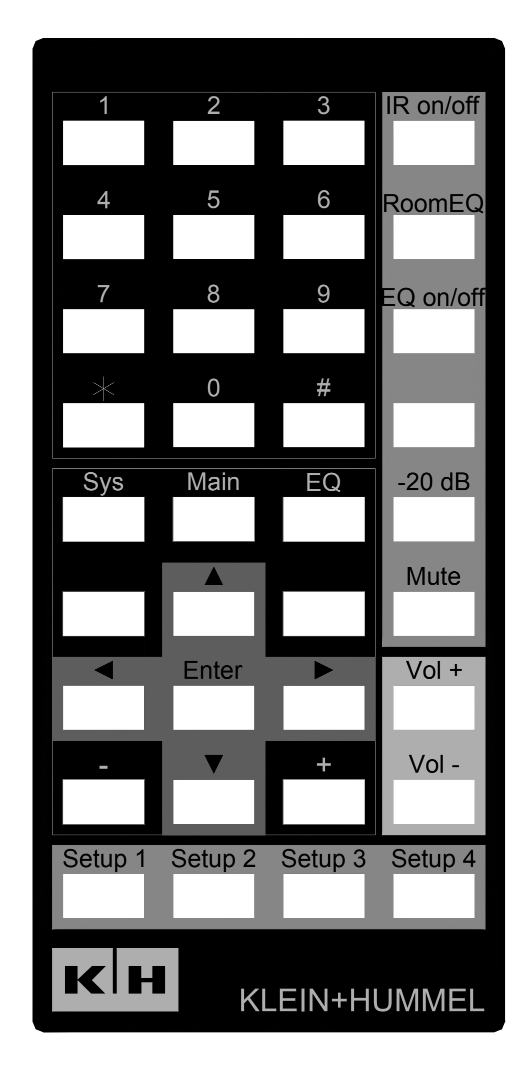


Abb. 4.1/1: Das Etikett der IR-Fernbedienung RC 55

Zifferntastenblock

Mit den Zifferntasten (*1 ... 0, *, #*) können die gespeicherten Main-Setups 10 - 19 direkt aufgerufen werden.

Setup-Tasten

Mit den Setup-Tasten (*Setup 1 ... Setup 4*) können die im Abschnitt 3.2, Punkt 2 gespeicherten Main-Setups direkt aufgerufen werden.

IR on/off

Mit dieser Direktzugriffstaste kann die Funktion der IR-Fernbedienung aus- und wieder eingeschaltet werden. Bei Betätigen der Taste wird automatisch an den zugehörigen Menüpunkt des System-Menüs gesprungen.

Room EQ

Bei Betätigung dieser Taste wird zum Menüpunkt *1 EQ Set* des EQ-Menüs gesprungen, um die Orts-EQ Funktion (siehe Kap. 5.1) des O 500 C einzustellen.

EQ on/off

Bei Betätigung dieser Taste wird zum Menüpunkt 2 EQ des EQ-Menüs gesprungen und der EQ ein- bzw. ausgeschaltet.

-20 dB

Mit dieser Taste wird die im Kap. 3.2 beschriebene Absenkung der Endverstärker ausgelöst und bei erneutem Druck wieder rückgängig gemacht.

Mute

Bei Betätigung der Taste „Mute“ wird im Menüpunkt *4 Mute* des Main-Menüs eine Absenkung des Signalpegels um den unter „*Mute Attenuation*“ eingestellten Wert ausgelöst.

Vol+/Vol-

Mit diesen Tasten wird der Signalpegel variiert. Es wird zum Menüpunkt *Input Gain* des Main-Menüs gesprungen.

4.2 Steuerung per RS-232 / MIDI

4.2.1 Schnittstellenverkabelung

Die Sub-D Buchse auf der Rückseite des O 500 C stellt mehrere Schnittstellen des integrierten Digitalcontrollers bereit:

- MIDI-Schnittstelle mit MIDI In, MIDI Out und MIDI Through
- RS-232 Schnittstelle
- Schnittstelle für optionales Memory-Modul

Aus der Abb. 4.2/1 geht die Belegung dieses 25 poligen SUB-D Verbinders hervor.
Es sollte darauf geachtet werden, für jede Anwendung auch den richtigen Masseanschluss zu verwenden, siehe Abbildung.

Um die MIDI-Schnittstelle in Verbindung mit den üblichen MIDI-Kabeln (DIN Stecker) zu verwenden, muss ein entsprechender Adapter bereitgestellt werden, der gemäß Abb. 4.2/2 verschaltet wird.

Die MIDI-Schnittstelle ermöglicht die simultane Bedienung mehrer O 500 C, so dass eine an einem Lautsprecher vorgenommene Einstellung gleichzeitig auch an allen anderen Lautsprechern erfolgt.
Sollen beispielsweise zwei O 500 C miteinander verbunden werden, so wird die MIDI Out Buchse des einen Lautsprechers mit der MIDI In Buchse des anderen und umgekehrt über ein 5-poliges Standard-Midikabel verbunden, welches eine Länge von bis zu 15 m aufweisen darf.

Im Menüpunkt *2 Midi Settings* des System-Menüs müssen, ausgehend von den Default-Einstellungen, die folgenden Einstellungen vorgenommen werden:

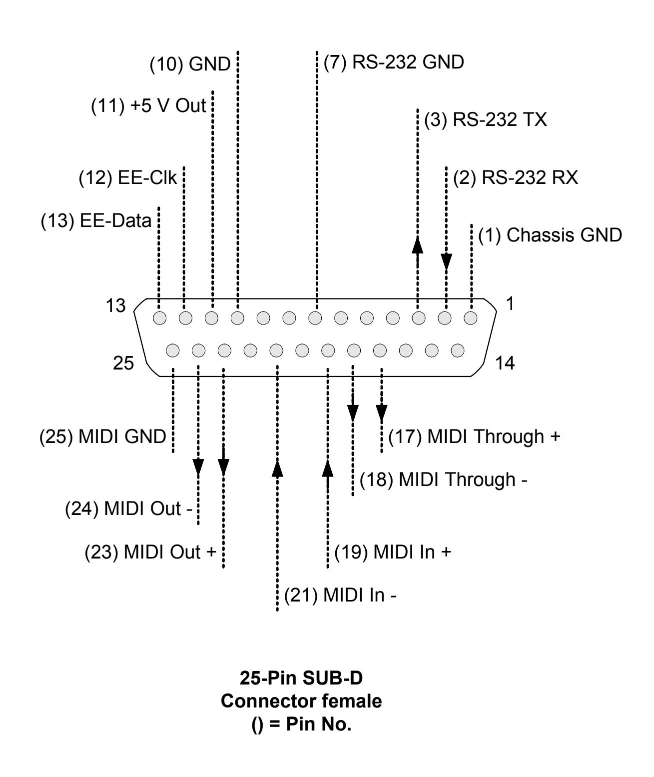


Abb. 4.2/1: Pinbelegung des Schnittstellensteckers

25 Pin SUB-D MALE

13 1 25 14

(2) (5) (4) +

MIDI Out | MIDI In | MIDI Through

Abb. 4.2/2: Verschaltung eines MIDI-Adapters

Menüpunkt: *2 Midi Settings:*

Baudrate = MIDI ParaChg = on

Um einen Lautsprecher zum Befehlsgeber (Master) und den anderen zum reinen Befehlsempfänger zu machen (Master-Slave-Betrieb), wird beim Befehlsempfänger die Option „ParaChg“ auf „off“ gesetzt. Das MIDI-Kabel von der Out-Buchse des Slave zur In-Buchse des Master entfällt. Alternativ kann auch der in Abb. 4.2/3 gezeigte Adapter verwendet werden, um die beiden Geräte miteinander zu verbinden.

Der eigentliche Vorteil des MIDI-Betriebs wird allerdings erst bei der Verschaltung von mehr als zwei Geräten ersichtlich: Hier wird eine Kettenstruktur aufgebaut, indem der Midi-Out des ersten Lautsprechers (Master) mit dem MIDI-In des nächsten Lautsprechers und dann das Signal von dessen MIDI-Throgh Buchse zum nächsten MIDI-In weitergeschleift wird, siehe Abb. 4.2/4.
Auf diese Weise werden alle Lautsprecher der Kette durch den Master gesteuert.
Im Menüpunkt *2 Midi Settings* muss dann unter „*Out*“ die Option „*Out/Thr*“ eingestellt werden. Des weiteren sollte die Fernbedienbarkeit bei den zu steuernden Geräten deaktiviert sein (Taste „*IR on/off*“), so dass die IR-Strahlung nur vom Master-Gerät ausgewertet wird.

Abb. 4.2/3: Verschaltung eines Verbindungskabels zum Master-Slave-Betrieb von zwei O 500C

Hinweis: Sollte es bei der Steuerung über die MIDI-Schnittstelle zu Übertragungsfehlern kommen (z.B. „MIDI Overflow“), so ist im Menü „MIDI Settings“ unter „Baudrate“ die Option „RS-232“ einzustellen.

Die RS-232 Schnittstelle dient dem Datentransfer zwischen O 500 C und einem Personal Computer. Die Einstellungen im Menüpunkt 2 Midi Settings erfolgen so wie oben beschrieben, allerdings wird unter „Baudrate“ die Option „RS-232“ eingestellt.
Abbildung 4.2/5 zeigt die Verschaltung des Verbindungskabels zwischen dem O 500 C und einem Personal Computer zur Übertragung der Parametersätze, wie sie in Kap. 6.2 beschrieben wird. Es handelt sich hierbei um ein sog. „Modemkabel“, wie es bei den einschlägigen Bezugsquellen erhältlich ist (z.B. RS Components Nr. 777-558).

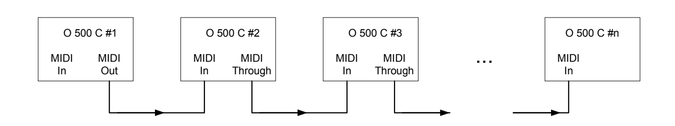


Abb. 4.2/4: MIDI-Kette (Out: Option Out/ Through)

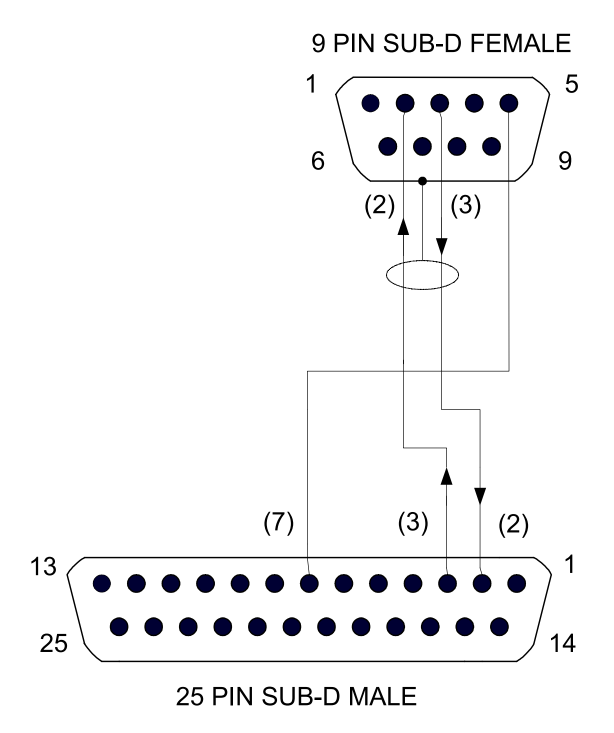


Abb. 4.2/5: Verschaltung des Verbindungskabels zwischen O 500 C und PC

4.2.2 Midi-Befehle

In diesem Abschnitt wird die Befehlsstruktur erläutert, mit der die einzelnen Funktionen des Digitalcontrollers aufgerufen bzw. Einstellungen vorgenommen werden können. Die Steuerung erfolgt mittels eines vom Anwender zu stellenden IBM-kompatiblen PCs, der über das in Abb. 4.2/5 gezeigte Adapterkabel mit dem O 500 C verbunden ist.
Zur Übertragung der Befehle ist ein separates DOS-Programm „BIN2SYX“ erforderlich, das von KLEIN + HUMEL auf Diskette geliefert wird. Dieses wird in ein Verzeichnis auf die Festplatte des PCs kopiert und nach Wechsel in dieses Verzeichnis (z.B. Hauptverzeichnis `C:\`) die folgende Befehlszeile eingegeben:

```
C:\bin2syx p x 2 9600 XXX Y
```

Die Syntax dieses Befehls ist in Abb. 4.2/6 näher erläutert. In der Tabelle sind sämtliche Steuerungsmöglichkeiten zusammengefasst.

O 500C MIDI Commands KLEIN + HUMMEL

Syntax: **BIN2SYX p x 1 9600 XX Y**
1 = Int: 1=COM1; 2=COM2
9600 = Baud Rate
XX = No. Of Command (taken from table)
Y = Value (as taken from table)

No. Of Command	Name / Function	Value
64	Load Setup	0 = Setup 000 ... 14 = Setup 014
65	Input Gain	0 = -128 ... 128 = 0
66		
67	Channel Gain Sub	0 = -18 dB ... 48 = +6 dB [Inc. 1 = 0.5 dB)
68	Channel Gain Low	--- " ---
69	Channel Gain Mid	--- " ---
70	Channel Gain High	--- " ---
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77	Channel Delay Sub	t[ms] = Y * 0.3628
78	Channel Delay Low	--- " ---
79	Channel Delay Mid	--- " ---
80	Channel Delay High	--- " ---
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87	Phase Invert Sub	0 = no, 1 = yes
88	Phase Invert Low	--- " ---
89	Phase Invert Mid	--- " ---
90	Phase Invert High	--- " ---
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97	Channel Mute Sub	0 = no, 1 = yes
98	Channel Mute Low	--- " ---
99	Channel Mute Mid	--- " ---
100	Channel Mute High	--- " ---
101		
102		
103		
104		
105		
106	Input Select	0 = Analog, 1 = Digital
107	Master Delay	t[ms] = Y * 0.3628
108		
109		
110		
111	Limiter Release	0 = 10 dB/s ... 240 = 250 dB/s
112		
113		
114	Mute Attenuation	0 = +40 dB ... 40 = 0 dB
115	Mute	0 = off, 1 = on
116	Delay Link	0 = off, 1 = Mid + Hi, 2 = Mid + Hi + Low
117		
118		
119	Top (= Line)	0 = Z1, 1 = Z2, 2 = Z3 ...
120	Subwoofer (= Column)	0 = S1, 1 = S2, 2 = S3 ...
121	Gain Offset Analog	0 = -30 dB ... 60 = +30 dB
122	Gain Offset Digital	0 = -30 dB ... 60 = +30 dB
123	Logo	0 = off, 1 = on
124		
125	Input Routing	0 = Left, 1 = Right, 2 = Left + Right

Abb. 4.2/6: Aufstellung der einzelnen Befehle zur Steuerung des O 500 C

Beispiele:
Der O 500 C sei an den COM2 Port des PCs angeschlossen und bin2syx wurde ins Verzeichnis C:\ kopiert.

1. Aufruf des Setups 004:
Eingabe: `c:\bin2syx p x 2 9600 64 4`

2. Die Input Gain Einstellung auf -10 dB setzen:
Eingabe: `c:\bin2syx p x 2 9600 65 118`

3. Funktion „Power Amp -10 dB“ auslösen:
Eingabe: `c:\bin2syx p x 2 9600 129 1`

4.3 PC-Archivierung der Userparameter

Es empfiehlt sich, häufig verwendete Einstellungen in Verbindung mit Lautsprecherparametersätzen als Main-Setup abzuspeichern.
Zum einfachen Übertragen dieser Einstellungen auf einen anderen Lautsprecher und zur Archivierung dient eine über K + H zu beziehende Batch-Datei.

Vorgehensweise des Datensicherns und – Rücksicherns:

- Erstellen eines Verzeichnisses (z.B. C:\Setups) auf einen DOS-PC
- Erstellen von Unterverzeichnissen jeweils für jeden Lautsprecher, dessen Einstellungen gesichert werden sollen
- Kopieren der Dateien von der Diskette in das (die) Unterverzeichnisse
- Verbinden der seriellen Schnittstelle des PCs mit dem O 500 C über ein Schnittstellenkabel (siehe Abb. 4.2/5)
- Alle weiteren Verbindungsleitungen (außer Netz und RS-232) am O 500 C entfernen und den GND-Lift Schalter betätigen
- Im Menüpunkt *MIDI-Settings* (SYSTEM-Menü) unter „Baudrate“ die Option RS-232 einstellen
- Im Main-Menü INPUT SELECT auf ANALOG stellen
- Den PC im DOS-Modus starten (keine DOS-Box unter Windows!)
- Zum Speichern der MAIN-Setups auf den PC die Batch „ZUM-PC“ aus dem gewünschten Unterverzeichnis aufrufen
- Es werden die Dateien Main00 bis Main14 in das jeweilige Verzeichnis kopiert. (Auf dem VF-Display des O 500 C wird nichts angezeigt)
- Zum Rücksichern der Setups auf den O 500 C wird aus dem jeweiligen Setup-Verzeichnis die Batch *„VOM-PC“* aufgerufen

5.1 Orts - EQ

Allgemeines

Die Lautsprecherparametersätze des O 500 C wurden von K + H in der Art optimiert, dass sich in einer reflexionsarmen Abhörumgebung ein linearer Frequenzgang des Lautsprechers ergibt. Eine solche reflexionsarme Abhörumgebung wird in der Praxis nicht vorliegen, ganz im Gegenteil hierzu führen raum- und aufstellungsbedingte Unzulänglichkeiten zu mitunter sehr starken Unlinearitäten im Frequenzgang.
Dieses Kapitel soll die Einsatzmöglichkeiten der integrierten Orts-EQ Funktion zur Beseitigung aufstellungsbedingter Unlinearitäten im Frequenzgang beschreiben.

(Die durch den Abhörraum selbst hervorgerufenen Unlinearitäten im Frequenzgang werden im nachfolgendenden Kapitel 5.2 behandelt!)

Zur Entstehung aufstellungsbedingter Unlinearitäten im Frequenzgang

Dem Entstehen von aufstellungsbedingten Abweichungen vom linearen Ideal des Frequenzganges liegt stets das Prinzip der Interferenz von Schallwellen zugrunde. Allgemein formuliert sind an einer Interferenz immer zwei oder mehr Schallwellen beteiligt, die jeweils von verschiedenen, räumlich auseinanderliegenden Schallquellen generiert wurden. Bei zwei interferierenden Signalen können sich diese an der Hörposition im Extremfall zum doppelten Pegel (0° Phasenversatz) aufaddieren und sich bei 180° Phasenversatz komplett auslöschen. Dazwischen sind natürlich alle Pegelverhältnisse vorstellbar.

Interferenzen werden also stets durch zwei oder mehrere räumlich auseinanderliegende Schallquellen verursacht. In diesem Fall wird eine dieser Schallquellen durch den Lautsprecher selbst gebildet: Es handelt sich hierbei um die sogenannte Primärschallquelle, deren ausgesandte Schallwellen als das Nutzsignal angesehen werden können.
Die Sekundärschallquellen entstehen demgegenüber durch Streuungen der von der Primärschallquelle (dem Lautsprecher) ausgesandten Schallwellen an verschiedenen sich im Raum befindlichen Hindernissen wie z.B. Wände, Dekken und Boden des Raumes sowie sämtliche sich im Raum befindlichen Gegenstände. Die Streuung einer Schallwelle an einem Hindernis wird durch zwei Erscheinungen charakterisiert: zum einen durch die Beugung der Schallwelle an den Kanten des Hindernisses und zum anderen durch die Reflexion an seiner Fläche, sofern diese groß im Vergleich zur Schallwellenlänge ist.
Die aufgrund der Reflexionen zurückgeworfenen Schallwellen (Sekundärschallquellen) interferieren nun mit denjenigen Schallwellen, die direkt von der Primärschallquelle ausgesandt wurden.

Diejenigen Frequenzen oder Frequenzbereiche, bei denen sich die Interferenzen im Frequenzgang störend bemerkbar machen sowie die Stärke ihrer Auswirkung werden durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt, die sich in ihrer Gesamtheit kaum erfassen bzw. berücksichtigen lassen, wie z.B.:

- Die räumlichen Abstände zwischen Messmikrofon (bzw. Abhörbereich), Lautsprechersystem und einem Hindernis
- Das Abstrahlverhalten des Lautsprechersystems
- Verschiedene Eigenschaften der Hindernisse selbst wie z.B. Oberflächenstruktur- und Material, mechanische Konstruktion usw.

Gerade der letzte Punkt spielt eine wichtige Rolle, da hier ein großer Einfluss auf das Verhältnis zwischen vom Hindernis absorbierter und reflektierter Schallenergie und damit auf die Stärke der Sekundärschallquellen ausgeübt wird.

Einsatz der im O 500 C enthaltenen Orts-EQ Funktion

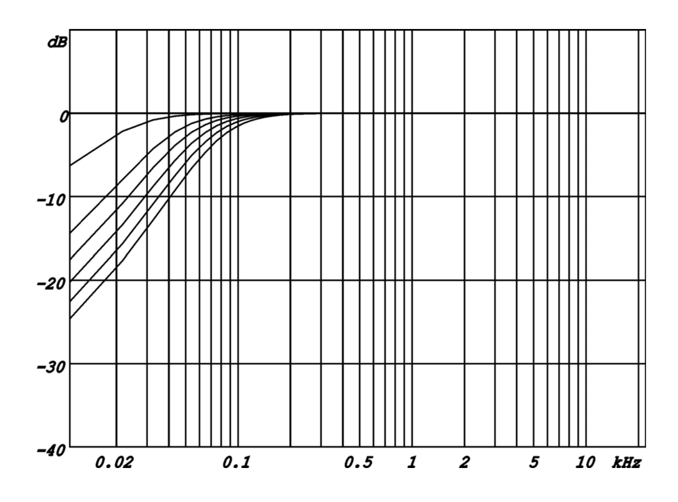
Der O 500 C verfügt über drei leistungsfähige Funktionen zur Kompensation von Frequenzgangunlinearitäten, welche durch die Aufstellung des Lautsprechersystems in der Abhörumgebung hervorgerufen wurden: Die Kompensation über individuell erzeugte raumspezifische Lautsprecherparametersätze (Kap. 6.4), den vollparametrischen EQ (Kap. 5.2) sowie die komfortable, im folgenden beschriebene Orts-EQ-Funktion.

Sämtliche Einstellungen hierzu werden im Menüpunkt *1 EQ Set* des EQ-Menüs vorgenommen.
Auf den folgenden Seiten werden die Optionen einzelnen mit typischen Anwendungsbeispielen vorgestellt.

Wichtige Hinweise
Bei der Einstellung der Orts-EQs ist zu beachten, dass die obigen Beispiele keine verbindliche Richtlinie darstellen, sondern vielmehr als Empfehlung bzw. Anschauung für die praktische Anwendung zu verstehen sind.
Eine vorgenommene Einstellung sollte mit verschiedenem Musikmaterial sorgfältig überprüft oder noch besser durch eine Messung des Frequenzganges verifiziert werden.

Low Cut

Mit dieser Funktion kann die untere Grenzfrequenz des Gesamtsystems eingestellt werden. Es sind Grenzfrequenzen von 0 ...



80 Hz in 10 Hz-Schritten einstellbar:
Abb. 5.1/1: Low Cut-Funktion, durchgeschaltet von 0...80 Hz (Schrittweite 10 Hz)

Die Anhebung der unteren Grenzfrequenz ist sinnvoll, falls eine Anregung des Abhörraumes unterhalb einer bestimmten Frequenz mit Sicherheit vermieden werden muss. Außerdem dient sie der Simulation kleinerer Abhörlautsprecher mit entsprechend höherer unterer Grenzfrequenz.

Bass EQ

Hier kann der Tieftonpegel in 2 dB-Stufen bis maximal –10 dB abgesenkt werden, ohne dabei die untere Grenzfrequenz zu verändern:

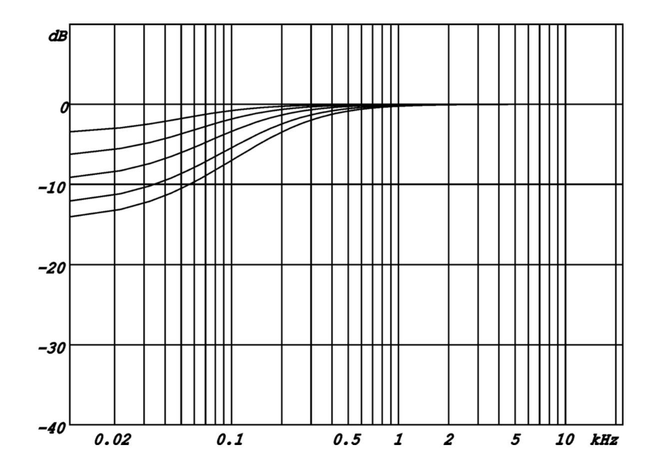


Abb. 5.1/2: Bass EQ - Funktion, durchgeschaltet von 0...-10 dB (Schrittweite –2 dB)

Die Einstellung einer Absenkung in diesem Frequenzbereich bietet sich z.B. bei einer Aufstellung des Lautsprechersystems in der Nähe einer Wand oder in einer Raumecke an, da eine solche Aufstellungsweise eine Verstärkung der tiefen Frequenzen bewirkt. Diese Verstärkung ist um so größer, je größer die Anzahl der verschieden orientierten Flächen ist, die sich in der Nähe des Lautsprechersystems befinden: Jede Fläche, deren Abmessung sich im Bereich dieser tieffrequenten Wellenlängen bewegt, stellt eine Sekundärschallquelle dar, deren Schallwellen mit den Primärschallwellen des Lautsprechersystems interferieren, was in diesen Frequenzbereichen stets zu einer Verstärkung führt.

Mid EQ

Mit dieser Funktion kann der Pegel im mittleren Frequenzbereich in 1 dB-Stufen bis maximal -5 dB abgesenkt werden:

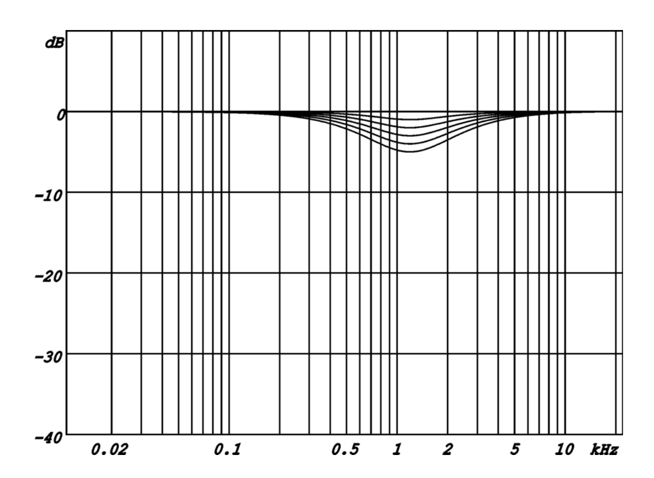


Abb. 5.1/3: Die Mid EQ – Funktion, durchgeschaltet von 0...-5 dB (Schrittweite 1 dB)

Eine Absenkung in diesem Bereich wird z.B. bei der Aufstellung des O 500 C auf der Meterbridge eines Mischpultes oder kurz dahinter notwendig sein: Es kommt wiederum zu den konstruktiven Interferenzerscheinungen, wie sie im vorherigen Punkt beschrieben wurden, allerdings liegen diese jetzt bedingt durch die hier vorliegenden Abstandsverhältnisse zwischen Lautsprechersystem, Mischpultoberfläche und Abhörposition im tiefmittleren Frequenzbereich.

High EQ

Der High EQ beeinflusst den Pegel bei höheren Frequenzen, wobei im Gegensatz zu den Einstellmöglichkeiten der anderen Frequenzbereiche auch eine Anhebung des Pegels um +1 dB einstellbar ist:

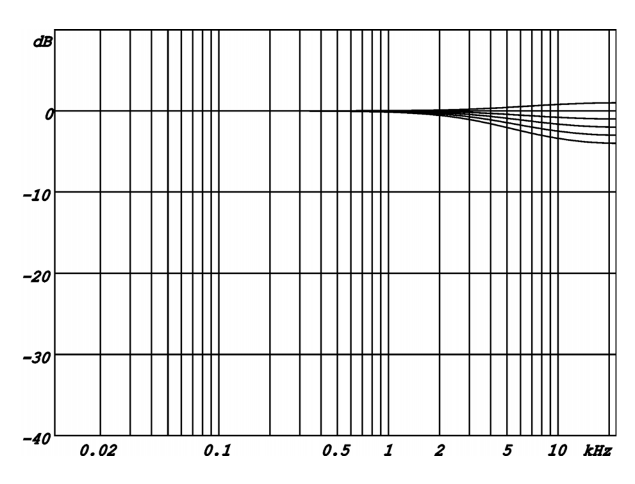


Abb. 5.1/4: Die High EQ – Funktion, durchgeschaltet von 1...-4 dB (Schrittweite 1 dB)

Eine Anhebung des Hochtonpegels wird sich z.B. in Studioumgebungen als vorteilhaft erweisen, bei denen durch eine sehr trockene Akustik eine im Verhältnis zu den übrigen Frequenzbereichen übermäßig starke Absorption der höherfrequenten Schallwellen erfolgt. Somit kommt es hier nicht zum üblichen Interferenzproblem, sondern vielmehr zu einem im Vergleich zu niedrigeren Frequenzen stark abgeschwächten Diffusschallfeldanteil.

5.2 Parametrischer EQ

Allgemeines

Der Digitalcontroller des O 500 C verfügt ergänzend zu den im vorigen Kapitel beschriebenen Orts-EQs über 10 vollparametrische Filterbänder, deren Frequenzverlauf sich jeweils zwischen Glocken-, Shelving- und Hoch/Tiefpass-Charakteristik mit einstellbaren Verstärkungen und Güten bzw. Flankensteilheiten umschalten lässt.
Die einzelnen EQ-Bänder sind in 10 aufeinander folgenden Menüpunkten des EQ-Menüs untergebracht, jedes EQ-Band hat also einen eigenen Menüpunkt. Das erste Band befindet sich im Menüpunkt *3 EQ1,* das letzte im Punkt *12 EQ10*. Sämtliche Einstellungen können im Menüpunkt *4 EQ Setup* unter einem vom Anwender zu vergebenden Namen abgespeichert und später jederzeit wieder aufgerufen werden.

Diese EQs können als Ergänzung zu den Orts-EQs eingesetzt werden, um so eine feinfühligere Bearbeitung von Frequenzgangunlinearitäten zu ermöglichen, die durch aufstellungsbedingte Unzulänglichkeiten verursacht worden sind.

Der eigentliche Einsatzbereich ist aber die Kompensation von Unlinearitäten, welche weniger durch die Platzierung des Lautsprechers sondern vielmehr durch die Eigenschaften des Abhörraumes selbst verursacht wurden und nicht oder nur unzureichend mit den Orts-EQs ausgeglichen werden können.

In diesem Kapitel werden die weitreichenden Bearbeitungs- und Einstellmöglichkeiten der parametrischen EQs anhand von praktischen Beispielen erläutert bzw. in Diagrammen aufgezeigt.

Zur Entstehung und Auswirkung von raumbedingten Unlinearitäten im Frequenzgang

Wie bereits im vorstehenden Kapitel erklärt, wird das beim Zuhörer ankommende Schallereignis in einer normalen Abhörumgebung nicht nur durch den Direktschall des Lautsprechersystems (der Primärschallquelle) bestimmt, sondern auch durch sämtliche Reflexionen (allgemein: Streuungen) des Direktschalls an den sich im Raum befindlichen Hindernissen, wozu natürlich auch die baulichen Gegebenheiten des Raumes selbst zählen. Ferner wurde gesagt, dass man sämtliche reflektierten Schallwellen als die Auswirkung von Sekundärschallquellen interpretieren kann. Die Gesamtheit aller durch Reflexionen entstandenen Sekundärschallfelder werden als Diffusschallfeld bezeichnet, das sich mit dem Direktschallfeld des Lautsprechersystems überlagert.
Die Überlagerung dieser beiden Schallfelder bestimmt also das vom Zuhörer wahrgenommene Schallereignis.
Bei der Entwicklung des O 500 C-Lautsprecherparametersatzes im K + H Akustiklabor wird normalerweise ein linearer Frequenzgang in einer reflexionsarmen Laborumgebung angestrebt, was bedeutet, das hierbei (korrekterweise) nur der Direktschall des Lautsprechersystems berücksichtigt wird.

Da in einer durchschnittlichen Abhörumgebung die Absorptionseigenschaften der verschiedenen Hindernisse unterschiedlich bzw. frequenzabhängig sind, kommt es zu einer ebenfalls frequenzabhängigen Stärke des Diffusschallfeldes sowie des vom Zuhörer wahrgenommenen resultierenden Schallfeldes, was sich letztendlich in einem nichtlinearen Frequenzgang äußert.

Ein Spezialfall der Reflexion von Schallwellen zwischen zwei Begrenzungsflächen hat dabei eine besonders starke Auswirkung auf den Frequenzgang: Gemeint sind die stehenden Wellen, die sich zwischen planparallelen Wänden eines entsprechend angeregten Abhörraumes ausbilden, und zwar bei der Frequenz, deren Wellenlänge doppelt so groß wie der Wandabstand ist. Diese Frequenz wird auch als eine Grundmode des Raumes bezeichnet. In einem normalen Abhörraum existieren aufgrund der i.d.R. sechs Begrenzungsflächen drei Grundmoden, die je nach Grundriss und Höhe des Raumes mehr oder weniger über den unteren Frequenzbereich verteilt sind. Weitere Raummoden folgen bei den ganzzahligen Vielfachen dieser drei Frequenzen. Im resultierenden Frequenzgang sind die Moden durch starke Anhebungen zu erkennen, besonders im Bereich der Grundmoden.

Durch den Einsatz eines parametrischen EQs (PEQ) werden nun einzelne Frequenzbereiche des vom Lautsprechersystem abgestrahlten Direktschalls in der Art angehoben oder abgesenkt, dass sich beim Zuhörer ein Frequenzgang ergibt, der weniger starke Unlinearitäten aufweist. In der Regel ist jedoch von einer 100%igen Kompensation abzuraten, da dadurch das Verhältnis von Diffus- zu Direktschall zu stark verschoben wird.

Beschreibung des parametrischen EQs

Im Folgenden werden die verschiedenen Einstellmöglichkeiten und Betriebsarten der 10 Bänder des vollparametrischen EQs detailliert beschrieben und anhand von Frequenzgängen veranschaulicht. Alle 10 Bänder besitzen dieselben Eigenschaften und Einstellmöglichkeiten des Menüpunktes *3 EQ1 ... EQ10.*



Type:

Hier wird die Grundbetriebsart des jeweiligen EQ-Bandes festgelegt.

Folgende Optionen sind möglich:

o High-Shelving mit 12 dB/Oct. Flankensteilheit
o High-Shelving mit 6 dB/Oct. Flankensteilheit
o Low-Shelving mit 12 dB/Oct. Flankensteilheit
o Low-Shelving mit 6 dB/Oct. Flankensteilheit

o Peak (Glockencharakteristik)

o Hochpass mit 12 dB/Oct. Flankensteilheit
o Hochpass mit 6 dB/Oct. Flankensteilheit
o Tiefpass mit 12 dB/Oct. Flankensteilheit
o Tiefpass mit 6 dB/Oct. Flankensteilheit

Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele für High- und Low - Shelvingfilter sowie Hoch- und Tiefpassfilter mit verschiedenen Flankensteilheiten und den -3 dB Grenzfrequenzen 100 Hz bzw. 1 kHz:

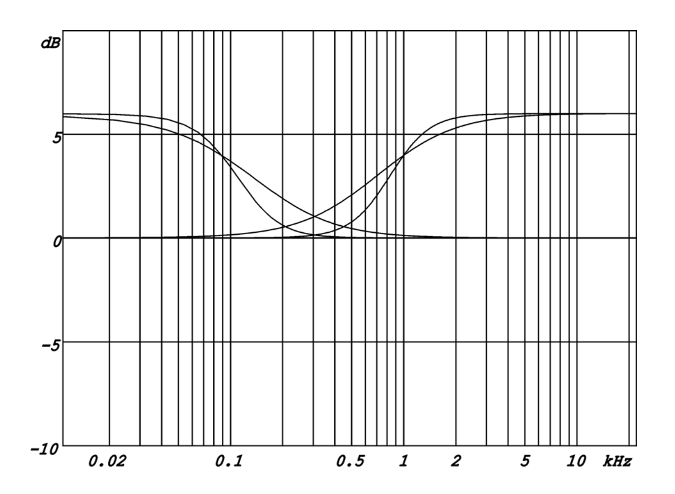


Abb. 5.2/1: Low- und High-Shelvingfilter, Flankensteilheit: 6 u. 12 dB/Oct., Gain = +6 dB, Güte = 0.7

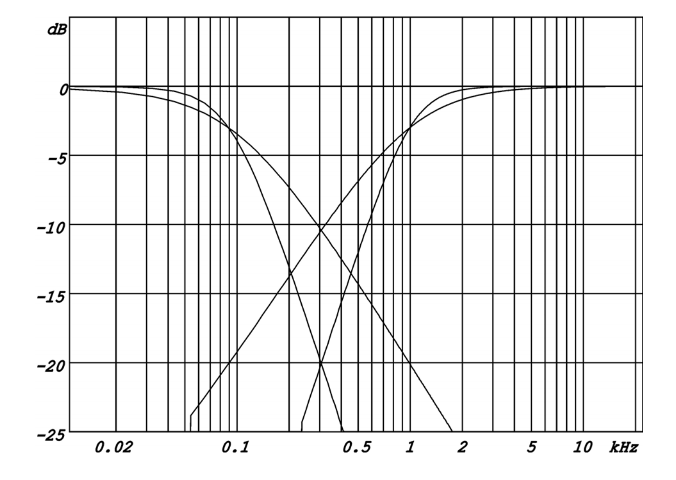


Abb. 5.2/2: Hoch- und Tiefpässe, Flankensteilheit: 6 u. 12 dB/Oct., Gain = 0 dB, Butterworth-Char.

Güte (Einstellbereich 0...6355):

Hier kann die Güte des Filterbandes eingestellt werden. In der Abbildung ist beispielhaft ein Peak-EQ mit einer Mittenfrequenz von 1 kHz und einer Verstärkung von +10 dB mit verschiedenen Einstellungen für die Güte gezeigt:

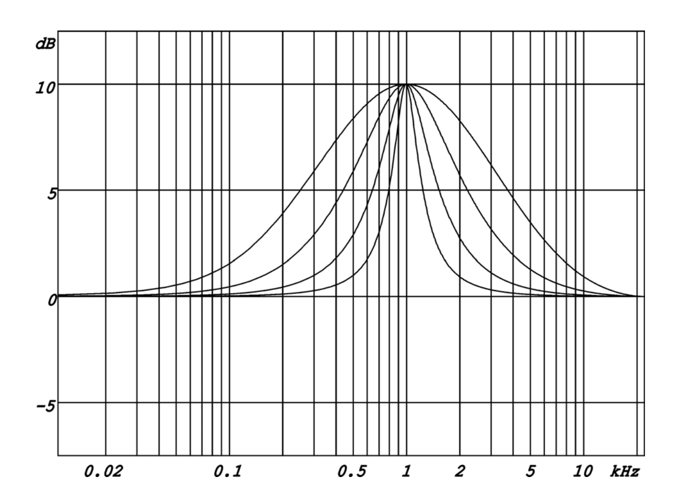


Abb. 5.2/3: PEQ-Filter (Glocke); Güte = 0.5, 1, 2, 4; Gain = +10 dB; Mittenfrequenz = 1 kHz

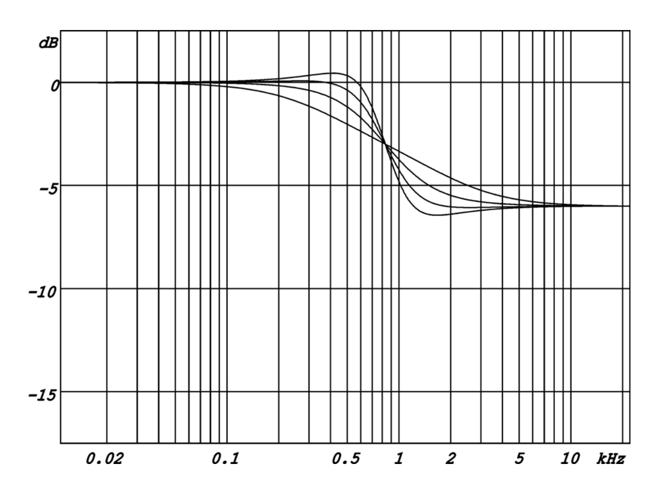


Abb. 5.2/4: High-Shelvingfilter; Güte = 0.4, 0.6, 0.8, 1.0; Gain = -6 dB; Trennfrequenz = 1 kHz

Frequenz (Einstellbereich 10...20000 Hz):

Hier wird im Falle der Betriebsart Peak die Mittenfrequenz, im Falle der Shelvingfilter bzw. der Hoch- und Tiefpässe die -3 dB Grenzfrequenz eingestellt.

Die Abbildung zeigt beispielhaft Hochpässe mit verschiedenen Grenzfrequenzen:

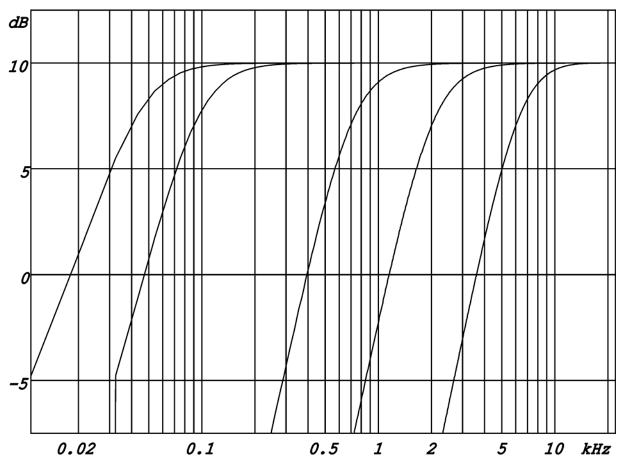


Abb. 5.2/5: Hochpässe mit den Trennfrequenzen 50Hz, 100Hz, 700Hz, 2kHz, 6kHz; Flankensteilheit 12 dB/Oct; Gain = +10 dB; Butterworth-Char. bzw. Hoch- und Tiefpässe die 3dB-Grenzfrequenz eingestellt.

Gain (Einstellbereich -99...+12 dB):

Diese Einstellung beeinflusst die Verstärkung des Filterbandes. Die Abbildungen zeigen beispielhaft verschiedene Gain-Einstellungen bei einem Peak-EQ und einem Shelvingfilter:

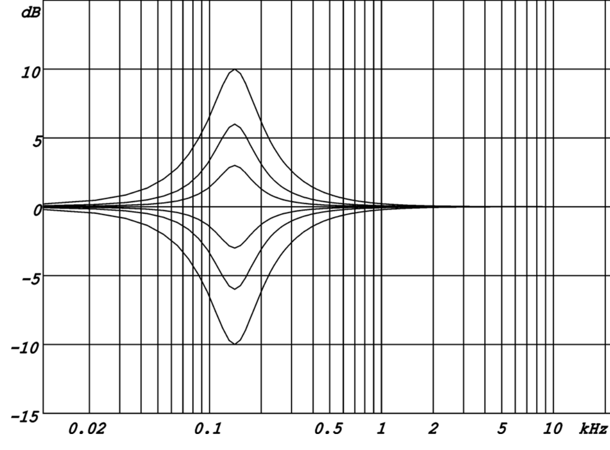


Abb. 5.2/6: PEQ-Filter (Glocke); Gain: -10, -6, -3, 0, +3, +6, +10 dB; Mittenfrequenz = 150 Hz; Güte = 2

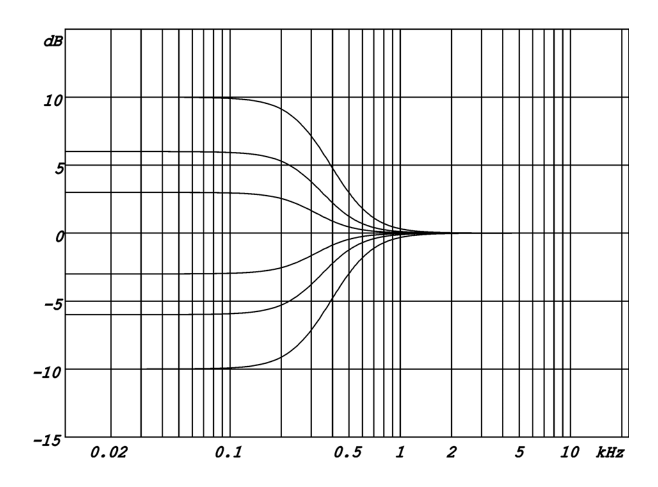


Abb. 5.2/7: Low-Shelvingfilter; Gain: -10, -6, -3, 0, +3, +6, +10 dB; Trennfrequenz = 300 Hz, Güte = 0.7

Hinweise zur Durchführung

Die erforderlichen Einstellungen des parametrischen EQs sollten mit Hilfe einer zu Beginn durchgeführten Messung ermittelt werden. Diese Messung sollte nicht nur an der Hörerposition, sondern auch an möglichst vielen weiteren Stellen (ca. 10-15) der Abhörumgebung durchgeführt werden. Die Mittelung über alle Messungen wird schließlich zu der Entscheidung herangezogen, in welchen Frequenzbereichen ein Eingriff erfolgen soll. Anschließend wird das Ergebnis durch eine Vielzahl von Einzelmessungen an verschiedenen Hörpositionen überprüft und verifiziert.
Die Messung von verschiedenen Raumpunkten ist deshalb notwendig, weil sich eine in einem bestimmten Punkt des Raumes als positiv erwiesene Einstellung in einem anderen Raumpunkt als extreme Verschlechterung erweisen kann.
Die sorgfältige Messung des Abhörraumes ist somit die Vorraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz der hier beschriebenen PEQ-Funktion.

Aus diesem Grunde ist von einer rein gehörmäßigen Einstellung der einzelnen Filterbänder entschieden abzuraten!! Außerdem sollte sich die Einflussnahme auf den tieffrequenten Bereich beschränken.

Der Lautsprecherparametersatz beinhaltet sämtliche Einstellungen des internen Digitalcontrollers, um den gewünschten Frequenz- und Phasengang sowie sämtliche Schutzfunktionen des O 500 C sicherzustellen.

Für jedes einzelne Exemplar wird ein eigener Lautsprecherparametersatz ermittelt. Dieser berücksichtigt weitaus mehr Faktoren als dies bei herkömmlichen digitalen Lautsprechercontrollern der Fall ist, deren Einstellungen sich in der Regel auf die Wahl der Trennfrequenzen und Verstärkungen der einzelnen Wege, einer Entzerrung zur Linearisierung des Frequenzganges sowie die Einstellungen der Limiter beschränkt.

Im Gegensatz hierzu erfolgt im Digitalcontroller des O 500 C eine komplexe Entzerrung der einzelnen Lautsprecherwege, das heißt, dass sich die Entzerrung nicht nur wie üblich auf den Betragsfrequenzgang (kurz: Frequenzgang, Amplitudengang) des Gesamtsystems, sondern auch auf seinen Phasengang bezieht.

Die sich hierdurch ergebende große Ansammlung der im Lautsprecherparametersatz enthaltenen Einstellungen wird in drei Gruppen eingeteilt, die jeweils eine Baugruppe des Digitalcontrollers beeinflussen (unter Bezugnahme auf den Signalflussplan in Kap. 1.4 sowie auf Kap. 1.6):

1. Filterkoeffizienten der FIR - Bandpässe
2. Limiter - Parameter
3. Output - Scalingfaktoren

Eine ausführliche Beschreibung der im Lautsprecherparametersatz enthaltenen Information ist dem Kapitel 1.6 zu entnehmen.

6.1 Grundsätzliches zur Parametrierung

Die Einstellungen innerhalb eines Lautsprecherparametersatzes können vom Anwender nicht beeinflusst werden, da eine Änderung (wenn sie möglich wäre) in jedem Fall eine Verschlechterung des resultierenden Übertragungsverhaltens des Systems nach sich ziehen würde.
Demgegenüber ist es jedoch möglich, andere Parametersätze aufzurufen, die ein unterschiedliches Übertragungsverhalten bewirken.

Dieser Wechsel zwischen verschiedenen Parametersätzen ist auch bei laufendem Programm möglich!

Falls ein Lautsprecherparametersatz benötigt wird, der sich nicht im Speicher des O 500 C befindet, zum Beispiel für den Betrieb in einer anderen Abhörumgebung, kann dieser auf einfache Art und Weise in den O 500 C geladen werden, was im folgenden Kapitel 6.2 erläutert wird.

Im Kapitel 6.3 wird schematisch beschrieben, wie die Erstellung eines Lautsprecherparametersatzes im Entwicklungslabor abläuft.

Schließlich beschreibt 6.4 die Vorgehensweise bei der Erstellung von kundenspezifischen Parametersätzen wie zum Beispiel eine komplexe Entzerrung des Abhörraumes.
Der O 500 C wird je nach Bestellung ab Werk mit mehreren Lautsprecherparametersätzen für z.B. unterschiedliche Anforderungen geliefert.
Diese Parametersätze beinhalten, jeweils in Form einer Datei, sämtliche für das entsprechende Lautsprechersystem relevanten Einstellungen und sind im Flashrom des integrierten Digitalcontrollers gespeichert.
Es kann eine große Anzahl verschiedener Lautsprecherparametersätze, die von der Auflösung und somit der jeweiligen Dateigröße der einzelnen Lautsprecherparametersätze abhängig ist, gespeichert werden. Diese können dann im Menüpunkt *Speaker Select* im Main-Menü auf einfache Weise aufgerufen werden (siehe Kap. 3.2).

Für den Fall, dass ein neuer Lautsprecherparametersatz benötigt wird, z.B. für den Betrieb des O 500 C in Verbindung mit einem neu erschienenen K + H Subwoofer, kann eine aktualisierte Lautsprecherparametersatz-Bibliothek von KLEIN + HUMMEL per e-Mail angefordert werden.

6.2 Laden von neuen Parametersätzen

Eine Lautsprecherparametersatz-Bibliothek kann nur als Ganzes in den O 500 C geladen werden, wobei dann sämtliche bestehenden Parametersätze überschrieben werden.

Das Laden der neuen Lautsprecherparametersatz-Bibliothek in den O 500 C geschieht über die eingebaute RS-232 Schnittstelle und erfordert einen DOS-PC.

Hierzu wird wie folgt verfahren:

- Die serielle Schnittstelle (RS-232) des PCs mittels eines handelsüblichen Schnittstellenkabels (Verschaltung siehe Kap. 4.2) mit dem Schnittstellenanschluss (D-Sub 25-polig) des O 500 C verbinden
- Den O 500 C mit dem Netzschalter einschalten und kontrollieren, dass im Menüpunkt *2 Midi Settings* des System-Menüs unter *„Baudrate“* die Option *„RS232“* aktiviert ist (Bedienung s. Kap. 3).
- Anschließend werden sämtliche von K + H per Diskette oder e-Mail gelieferten Dateien in ein Verzeichnis auf die Festplatte des PCs kopiert und der PC im DOS-Modus gestartet.
- Nach dem Wechsel in dieses Verzeichnis wird durch Eingabe der Befehlszeile **„TXMATRX“** der Transfervorgang eingeleitet
- Abwarten, bis auf dem Display der Menüpunkt „*Input Gain / Balance*“ erscheint: Die Übertragung ist abgeschlossen
- Den O 500 C aus- und wieder einschalten, beim Starten die Meldung „*Wrong Filter Setup*“ mit Enter bestätigen
- Nach erfolgreicher Übertragung den O 500 C vom PC trennen.

Die neuen Parametersätze können nun wie gewohnt aufgerufen und im Controller-Setup abgespeichert werden (siehe Kap. 3.2).
Im Folgenden wird schrittweise der Ablauf der O 500 C - Lautsprecherparametersatzerstellung erläutert. Auf diese Weise wurden auch die bei Auslieferung gespeicherten Parametersätze ermittelt.
Die Ermittlung bzw. Berechnung der Parametersatz-Datei übernimmt eine spezielle Filterberechnungssoftware, welche sämtliche hierzu notwendigen Messungen und Eingaben verwaltet.

6.3 Erstellen von Parametersätzen

Zu den Definitionen wichtiger Begriffe wie zum Beispiel „Lautsprechersystem“, „Zielfunktion“, usw. wird auf Kap. 1.8 verwiesen.
Es wird hier beispielhaft von der Erstellung eines Lautsprecherparametersatzes für ein 3-Wegesystem ausgegangen, bei der Erstellung von Parametersätzen für 4- oder 2- Wegesysteme wird analog vorgegangen.

6.3.1 Akustische Messung der Lautsprecherkomponenten:

Zunächst werden die einzelnen Komponenten des Lautsprechersystems (also Hoch- Mittel- und Tieftonlautsprecher des O 500 C) unter reflexionsarmen Bedingungen akustisch gemessen. Die Position von Mikrofon und Lautsprecherbox darf dabei nicht verändert werden, da sonst der zeitliche und phasenmäßige Bezug der Lautsprecherchassis zueinander verloren geht. Als Ergebnis erhält man die komplexen Übertragungsfunktionen des Hoch - Mittel - und Tieftonlautsprechersystems, deren Beträge üblicherweise als die Frequenzgänge dieser Komponenten bezeichnet werden. Die Phase der komplexen Übertragungsfunktion gibt den akustischen Phasengang der Lautsprecherkomponente wieder.
Da der zu erstellende Lautsprecherparametersatz auch die elektrischen Eigenschaften der später zum Einsatz kommenden Endverstärker berücksichtigt, müssen die Messungen der Lautsprecherkomponenten an diesen Endverstärkern durchgeführt werden. Somit stellen die drei gemessenen Übertragungsfunktionen das Produkt aus der akustischen Übertragungsfunktion der Lautsprecherkomponenten und der elektrischen Übertragungsfunktion der Endverstärker dar.
Zur späteren Weiterverarbeitung werden diese komplexen Übertragungsfunktionen in drei verschiedenen Dateien abgespeichert:
⇒ **HIGH.SPK, MID.SPK, LOW.SPK**

6.3.2 Aufstellen der Zielfunktion:

Als Nächstes wird die Zielfunktion für den gewünschten Verlauf des Betrages der akustischen Übertragungsfunktion des Gesamtsystems aufgestellt. Mit anderen Worten: Der Soll-Verlauf des resultierenden Frequenzgangs wird festgelegt. Eine solche Zielfunktion kann z.B. einen linearen Verlauf haben und somit im einfachsten Fall durch ihre obere und untere Grenzfrequenz sowie dem dortigen Verlauf vollständig definiert sein. Alternativ hierzu kann die Zielfunktion aber auch eine Kompensation für einen bestimmten Abhörraum enthalten.

Aufgrund der gemachten Angaben bzw. berücksichtigten Einstellungen wird nun der Verlauf der Zielfunktion in ein Diagramm eingetragen (erfolgt automatisch) und wie die Messungen der drei Übertragungsfunktionen aus Punkt 1 abgespeichert:
⇒ **XT.SPK**

6.3.3 Aufstellen der Zielbandpässe:

In diesem Schritt werden die Zielbandpässe erstellt, um jeder Lautsprecherkomponente ihren zu übertragenden Frequenzbereich zuzuweisen. Außerdem werden die Flankensteilheiten und -verläufe an den Übergangsbereichen (Trennfrequenzen) der Zielbandpässe festgelegt. Es handelt sich also stets um Bandpässe mit einem linearen Durchlassbereich und einer bestimmten Flankensteilheit, die zum Beispiel unendlich steil vorgegeben werden kann und die dann in der Praxis bis zu 96dB/Oct beträgt.
Ähnlich wie bei der Zielfunktion werden die sich aus den aufgestellten Daten ergebenden Verläufe der einzelnen Bandpässe in ein Diagramm eingetragen und abgespeichert:
⇒ **XB.SPK**

6.3.4 Angaben für Peak - und Thermolimiter sowie für Output Scaling

Als nächstes müssen verschiedene Angaben gemacht werden, aus denen später die Parameter der Peak- und Thermolimiter sowie das Output Scaling berechnet werden. Hierfür sind Daten der einzusetzenden Leistungsverstärker mit Dauerleistung, Peakleistung und Overshoot-Zeitkonstante, Angaben zur Peak- und Thermomaximal-belastbarkeit der Lautsprecherkomponenten sowie den zugehörigen Zeitkonstanten und schließlich der eingestellte maximale analoge Pegel der Ausgangsstufen des integrierten Digitalcontrollers (siehe Kap. 2). Sämtliche Angaben werden später mit in die Berechnung des Lautsprecherparametersatzes einfließen. (nähere Ausführungen zu den Limiterparametern ist in Kap. 1.7 zu finden)

6.3.5 Berechnung der Lautsprecherparametersatz - Datei

In diesem Punkt erfolgt nun die eigentliche Berechnung des Lautsprecherparametersatzes unter Berücksichtigung der in den Schritten 1 bis 4 gemachten Angaben und Messungen. Zur Erzeugung der Lautsprecherparametersatz - Datei müssen dem Rechenalgorithmus nun sämtliche Einstellungen und Messungen der vorangegangenen Schritte zugänglich gemacht werden:

- Dateien HIGH.SPK, MID.SPK, LOW.SPK aus Schritt 1
- Datei XT.SPK aus Schritt 2
- Datei XB.SPK aus Schritt 3
- Die Limiter - Einstellungen von Punkt 4 werden automatisch übernommen

Des Weiteren müssen noch der gewünschter Verlauf der Phase der Übertragungsfunktion des Gesamtsystems angegeben werden. Hierfür gibt es vier Optionen: linearphasig, minimalphasig, eine Kombination aus beiden und ein beliebiger Verlauf.

Aus diesen Daten wird nun die Lautsprecherparametersatz-Datei erstellt, die folgende „Informationen“ für die entsprechenden Baugruppen des Digitalcontrollers enthält (unter Bezugnahme auf den Signalflussplan des Digitalcontrollers in Kap. 1.4):

1. Filterkoeffizienten für die digitalen FIR -Filter
2. Parameter der digitalen Peak und Thermolimiter
3. Outputscalingparameter

Abspeicherung der Lautsprecherparametersatz - Datei:
⇒ <Dateiname>.BLK

Die auf diese Weise entstandene Lautsprecherparametersatz-Datei kann nun (zusammen mit weiteren Parametersatz-Dateien) im Rahmen einer neuen Parametersatz-Bibliothek in den O 500 C geladen werden (siehe vorhergehendes Kap. 6.2).
Zur Einbindung der Lautsprecherparametersatz-Datei in eine Bibliothek bzw. zur Erstellung einer Bibliothek aus mehreren neuen Lautsprecherparametersatz-Dateien werden diese mit einer speziellen Software in der Art bearbeitet, dass sie später nach dem Transfer in an der jeweils gewünschten Stelle im Menüpunkt *8 Speaker Select* des Main-Menüs stehen.
Die Anordnung der einzelnen Lautsprecherparametersätze erfolgt dann innerhalb einer Matrix, deren Zeile unter *„Top“* aktiviert wird, während die Spalte unter *„Subwoofer“* ausgewählt werden kann. Ein Lautsprecherparametersatz ist somit innerhalb einer Bibliothek stets mit einer bestimmten Wahl von Zeile und Spalte eindeutig verknüpft.

Durch eine abschließende akustische Messung des Gesamtsystems wird überprüft, ob die Sollvorgaben erreicht werden.
Die von KLEIN + HUMMEL ab Werk gelieferten Lautsprecherparametersätze, die über den Menüpunkt *8 Speaker Select* aufrufbar sind, wurden im KLEIN + HUMMEL Akustiklabor speziell für das entsprechende Lautsprechersystem erstellt.
Diese Parametersätze wurden für ein frequenzlineares und - je nach Lautsprecherparametersatz - auch für ein phasenlineares Verhalten des Lautsprechers unter reflexionsarmen Bedingungen ermittelt.

6.4 Raumspezifische Lautsprecher-parametersätze

Um bei einem Betrieb in einer normalen Abhörumgebung raum- und aufstellungsbedingte Frequenzgangsunlinearitäten auszugleichen, stehen 3 unterschiedliche Anpassungsmöglichkeiten zur Verfügung:

- die komfortable, in Kap. 5.1 beschriebene Orts-EQ-Funktion
- den vollparametrischen 10-Band EQ (Kap. 5.2) sowie
- die Kompensation über individuell erzeugte raumspezifische Lautsprecherparametersätze, die in diesem Kapitel beschrieben wird.

Die EQs der ersten beiden Unterpunkte sind in digitaler IIR-Filtertechnologie realisiert und verfügen über einen Phasengang wie ein entsprechendes in analoger Technik aufgebautes Filter.
Ihre Benutzung prägt dem resultierenden Phasengang des Gesamtsystems entsprechende Phasenunlinearitäten auf, genauso wie bei jedem analogen EQ neben der (gewollten) Unlinearitäten im Frequenzgang auch (i.d.R. ungewollte) Unlinearitäten im Phasengang auftreten. Diese ungewollte Beeinflussung des Phasenganges ist um so stärker, je stärker der gewünschte Eingriff im Frequenzgang und je höher die Güte des Filters ist.
Gerade beim Betrieb des O 500 C mit einem linearphasigen Werks-Lautsprecherparametersatz, würde bei Benutzen der EQs die Linearität des Phasengangs beeinträchtigt werden, so wie dies bei jedem anderen anlog entzerrten System der Fall ist.
Aus diesem Grunde besteht die Möglichkeit der Anpassung des O 500 C an den Abhörraum in Bezug auf den Frequenzgang **und** Phasengang. Hierzu ist die Erstellung eines individuellen, sog. raumspezifischen Lautsprecherparametersatzes notwendig.

Dieses Vorhaben erfordert die Messung des im Abhörraum installierten Lautsprechersystems mit einem speziellen Messsystem, welches in der Lage ist, die für diesen neuen Lautsprecherparametersatz benötigten Filterkoeffizienten gemäß der im vorhergehenden Kapitel 6.3 beschriebenen Vorgehensweise zu berechnen. Darüber hinaus kann auch jede andere aus geschmacklichen Gründen gewollte Frequenzgangsbeeinflussung mit in diesen Lautsprecherparametersatz aufgenommen werden.
Der so geschaffene Lautsprecherparametersatz wird dann via RS-232 in den O 500 C geladen (siehe 6.2), worauf dieser dann für das angeschlossene Lautsprechersystem an dem jeweiligen Aufstellungsort in dem entsprechenden Abhörraum exakt eingestellt ist (siehe auch Kap. 1.6).

Diese Erstellung des raumspezifischen Lautsprecherparametersatzes wird von KLEIN + HUMMEL bzw. von Subunternehmen als kostenpflichtige Dienstleistung angeboten.

7 Anhang

Einstellungen O 500C

Datum				
Name				
Anwendung				
Aufstellung				
O 500C	S/N			
	Eprom			
angeschlossener Subwoofer				
Typ				
Endstufe			Verstärkung	Brücke
			VU	☐
System Menu			Default	
Brightness	LEDs		100	
MiDI Settings	Channel		1	
	Out	Only Through Loop	Only Through Loop	
		☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	
	Baudrate	RS-232 MIDI	RS-232 MIDI	
		☐ ☐	☐ ☐	
	ParaChg	On Off	On Off	
		☐ ☐	☐ ☐	
	TX-Channel		1	
Security	Level		5	
	Code		0000	
IR Control	On	☐	☐	
Logo	On	☐	☐	

(Fortsetzung)

Main Menü		Default																							
Load Setup	Nummer	0				1				2				3				4				5			
	Bezeichnung	Default Setup																							
Input Gain		0																							
Gain Offset	Analog	0																							
	Digital	-13																							
Mute	Off	☐				☐				☐				☐				☐				☐			
	On / Attenuation	☐	20			☐				☐				☐				☐				☐			
Input Select	Analog	☐				☐				☐				☐				☐				☐			
	Digital	☐				☐				☐				☐				☐				☐			
Digital Input Select	left	☐				☐				☐				☐				☐				☐			
	right	☐				☐				☐				☐				☐				☐			
	left + right	☐				☐				☐				☐				☐				☐			
Filtersatz	Monitor																								
	Subwoofer	None																							
Master Delay																									
Delay Offset		0																							
Channels		Sub	Low	Mid	High	Sub	Low	Mid	High	Sub	Low	Mid	High	Sub	Low	Mid	High	Sub	Low	Mid	High	Sub	Low	Mid	High
	Mute	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Gain	0	0	0	0																				
	P.Inv	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Delay	0	0	0	0																				
Delay Link		LMH	MH	Off		LMH	MH	Off		LMH	MH	Off		LMH	MH	Off		LMH	MH	Off		LMH	MH	Off	
		☐	☐	☐		☐	☐	☐		☐	☐	☐		☐	☐	☐		☐	☐	☐		☐	☐	☐	
Limiter Release		250																							
PWR-Amp -10 dB	On	☐				☐				☐				☐				☐				☐			
Limit Indication Slope		0																							
EQ Menü																									
EQ Set		L-Cut	Bass	Mid	Hi	L-Cut	Bass	Mid	Hi	L-Cut	Bass	Mid	Hi	L-Cut	Bass	Mid	Hi	L-Cut	Bass	Mid	Hi	L-Cut	Bass	Mid	Hi
		0	0	0	0																				
EQ	Gain	-3																							
	EQ on	☐				☐				☐				☐				☐				☐			
EQ 1		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
		Peak	2	30	0																				
EQ 2		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
		Peak	2	60	0																				
EQ 3		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
		Peak	2	120	0																				
EQ 4		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
		Peak	2	250	0																				
EQ 5		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
		Peak	2	500	0																				
EQ 6		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
		Peak	2	1k	0																				
EQ 7		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
		Peak	2	2k	0																				
EQ 8		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
		Peak	2	4k	0																				
EQ 9		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
		Peak	2	8k	0																				
EQ 10		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
		Peak	2	16k	0																				
Load EQ Setup	Nummer	0																							
	Bezeichnung	Default Setup																							

8 Sicherheitshinweise

Das Gerät wurde von KLEIN+HUMMEL gemäß IEC 92 (sec) 39 gebaut und hat unser Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muss der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in der Bedienungsanleitung enthalten sind. Das Gerät entspricht der Schutzklasse I (schutzgeerdet). Die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Leistung des Gerätes wird von KLEIN+HUMMEL nur dann gewährleistet, wenn:

- Montage, Erweiterung, Neuinstallation, Änderungen oder Reparaturen von KLEIN+HUMMEL oder dazu ermächtigten Personen ausgeführt werden.
- die elektrische Installation des betreffenden Raumes den Anforderungen von IEC (ANSI)-Festlegungen entspricht.
- das Gerät in Übereinstimmung mit der Gebrauchsanweisung verwendet wird.

Warnung!

- Wenn Abdeckungen geöffnet oder Gehäuseteile entfernt werden, außer wenn dies von Hand möglich ist, können Teile freigelegt werden, die Spannung führen.
- Wenn ein Öffnen des Gerätes erforderlich ist, muss das Gerät von allen Spannungsquellen getrennt sein. Berücksichtigen Sie dies vor dem Abgleich, vor einer Wartung, vor einer Instandsetzung und vor einem Austausch von Teilen.
- Ein Abgleich, eine Wartung oder eine Reparatur am geöffneten Gerät unter Spannung darf nur durch eine vom Hersteller autorisierte Fachkraft (nach VBG 4) geschehen, die mit den verbundenen Gefahren vertraut ist.
- Lautsprecherausgänge, die mit dem IEC 417/5036-Zeichen (Bild 7/1, s. rechts) versehen sind, können berührungsgefährliche Spannungen führen. Deshalb vor dem Einschalten des Gerätes Verbindungen mit dem vom Hersteller empfohlenen Anschlusskabel zum Lautsprecher herstellen.

Bild 7/1

- Alle Stecker an Verbindungskabeln müssen mit dem Gehäuse verschraubt oder verriegelt sein, sofern möglich.
- Es dürfen nur Sicherungen vom angegebenen Typ und der angegebenen Nennstromstärke als Ersatz verwendet werden.
- Eine Verwendung von geflickten Sicherungen oder Kurzschließen des Halters ist unzulässig.
- Niemals die Schutzleiterverbindung unterbrechen.
- Oberflächen, die mit dem „HOT“-Zeichen (Bild 7/2, s. rechts) versehen sind, Rückwände oder Abdeckungen mit Kühlschlitzen, Kühlkörper und deren Abdeckungen, sowie Röhren und deren Abdeckungen können im Betrieb erhöhte Temperaturen annehmen und sollten deshalb nicht berührt werden.



Bild 7/2

- Hohe Lautstärkepegel können dauernde Gehörschäden verursachen. Vermeiden Sie deshalb die direkte Nähe von Lautsprechern, die mit hohen Pegeln betrieben werden. Verwenden Sie einen Gehörschutz bei dauernder Einwirkung hoher Pegel.

Netzanschluss:

- Das Gerät ist für Dauerbetrieb ausgelegt.
- Die eingestellte Betriebsspannung muss mit der örtlichen Netzspannung übereinstimmen.
- Achtung: Der Netzschalter des Gerätes muss in 0 - Position stehen, wenn das Netzkabel angeschlossen wird.
- Der Anschluss an das Stromnetz erfolgt mit dem mitgelieferten Netzteil oder Netzkabel.
- Netzteil: Eine beschädigte Anschlussleitung darf nicht repariert werden.
- Vermeiden Sie einen Anschluss an das Stromnetz in Mehrfachsteckdosen zusammen mit anderen Stromverbrauchern.
- Die Steckdose für die Stromversorgung muss nahe am Gerät angebracht und leicht zugänglich sein.

Aufstellungsort:

- Das Gerät sollte nur auf einer sauberen, waagerechten Arbeitsfläche stehen.
- Das Gerät darf während des Betriebes keinen Erschütterungen ausgesetzt sein.
- Feuchtigkeit und Staub sind nach Möglichkeit fernzuhalten.
- Das Gerät darf nicht in der Nähe von Wasser, Badewanne, Waschbecken, Küchenspüle, Nassraum, Swimmingpool oder feuchten Räumen betrieben werden. Keine mit Flüssigkeit gefüllten Gegenstände - Vasen, Gläser, Flaschen etc. auf das Gerät stellen.
- Sorgen Sie für ausreichende Belüftung der Geräte
- Eventuelle Ventilationsöffnungen dürfen niemals blockiert oder abgedeckt werden. Das Gerät muss mindestens 20 cm von Wänden entfernt aufgestellt werden. Das Gerät darf nur dann in ein Rack eingebaut werden, wenn für ausreichende Ventilation gesorgt ist und die Einbauanweisungen des Herstellers eingehalten werden.
- Vermeiden Sie direkte Sonneneinstrahlung sowie die unmittelbare Nähe von Heizkörpern und Heizstrahlern oder ähnlichen Geräten.
- Wenn das Gerät plötzlich von einem kalten an einen warmen Ort gebracht wird, kann sich im Geräteinnern Kondensfeuchtigkeit bilden. Vor dem Einschalten solange warten, bis das Gerät Raumtemperatur angenommen hat.
- Zubehör: Das Gerät nicht auf einen instabilen Wagen, Ständer, Dreifuß, Untersatz oder Tisch stellen. Wenn das Gerät herunterfällt, kann es Personenschäden verursachen und selbst beschädigt werden. Verwenden Sie das Gerät nur mit einem vom Hersteller empfohlenen oder zusammen mit dem Gerät verkauften Wagen, Rack, Ständer, Dreifuß, Untersatz oder sonstigen Befestigungs- oder Flugmaterial. Bei der Aufstellung des Gerätes müssen die Anweisung des Herstellers befolgt und muss das vom Hersteller empfohlene Aufstellzubehör verwendet werden. Eine Kombination aus Gerät und Gestell muss vorsichtig bewegt werden. Plötzliches Anhalten, übermäßige Kraftanwendung und ungleichmäßige Böden können das Umkippen der Kombination aus Gerät und Gestell bewirken.
- Zusatzvorrichtungen: Verwenden Sie niemals Zusatzvorrichtungen, die nicht vom Hersteller empfohlen wurden, weil dadurch Unfälle verursacht werden können.
- Zum Schutz des Gerätes bei Gewitter oder wenn es längere Zeit nicht beaufsichtigt oder benutzt wird, sollte der Netzstecker gezogen werden. Dies verhindert Schäden am Gerät aufgrund von Blitzschlag und Spannungsstößen im Wechselstromnetz.

9 Daten und Diagramme

9.1 Technische Daten

Akustische Daten

Freifeldübertragungsmaß		30 Hz - 20 kHz, +/- 1,5 dB
Eigenstörgeräusch (10 cm Abst.)		25 dB(A)
Klirrfaktor	< 0,5% in 1 m Abstand ab	100 Hz @ 101 dB /SPL
Schalldruckpegel	im Halbraum	123,4 dB /SPL @ 1% THD gemittelt zwischen 100 Hz und 6 kHz

Anschlüsse

Eingänge analog	Anzahl, Typ Impedanz elektron. symm. Impedanz trafosymmetrisch maximaler Eingangspegel Unsymmetriedämpfung	1 x XLR 10 kOhm 10 kOhm 24 dBu > 80 dB @ 15 kHz
Ausgang analog	elektronisch symmetrisch (Sub Out) Ausgangsimpedanz Auflösung, Prinzip	1 x XLR < 70 Ohm 24 bit DA, D/S
Eingänge digital	AES/EBU S/P-DIF Impedanz AES/EBU S/P-DIF	XLR BNC 110 Ohm (trafosymmetrisch) 75 Ohm (unsymmetrisch)
Ausgänge digital (through)	AES/EBU	XLR
Fernbedienung, Datenschnittstelle	MIDI, RS232 Baudrate IR-Fernbedienung	D-Sub D 25 9600, 31520 IR-Empfänger

Performance

	Klirrfaktor @ 1 kHz, + 6 dBu Ruhegeräuschpegel	0,0004 % - 126 dBFS

Signalbearbeitung

AD-Konvertierung	Auflösung, Prinzip Abtastrate Pre-Emphasis	24 bit stacked AD, Δ/Σ 44,1 kHz, 48 kHz 50/15 µs
DA-Konvertierung	Auflösung, Prinzip	24 Bit, D/S
Laufzeitverhalten	Grundlaufzeit Filterdurchlaufzeit	5-7 ms, je nach Weg abhängig vom Filtertyp

Filtersektion und Limiter

Werksseitig eingeladene Filtersätze	Filteralgorithmus	FIR-Filter (finite impulse response)
	maximale Filteranzahl	abhängig von Filterlänge, typ. 50
	Filtertypen	Linear-, gemischt linear-/ minimal-, minimalphasig
	Anzahl der Wege	4
	Entzerrungen	individuell amplituden- u. phasenlinearisierend
	Flankensteilheiten	fest definiert
	Trennfrequenzen	520 Hz und 2800 Hz

Limiter je Weg	Peaklimiter	vorausschauend mit 1,5 ms, Controlled Overshot für maximale Impulsleistungsausschöpfung der Endstufen
	Auslenkungslimiter	vorausschauend mit 1,5 ms, zum Schutz der Lautsprecher vor zu großer Auslenkung
	RMS-Limiter	zum Schutz vor Übersteuerung der Endstufen bei Dauerlast
	Thermo-Limiter	Modellierung von Spulen- und Magnettemperatur
Raumspezifische Filtersätze	siehe werksseitige Filtersätze, erfordert individuelle Einmessung durch K+H	
Benutzervariabler Equalizer	Filteralgorithmus	IIR-Filter (infinite impulse response)
	Filteranzahl	10
	vollparametrische Filtertypen	High-/ Low-Shelving 6 dB/oct, 12 dB/oct; Hoch-/ Tief-Pass 6 dB/oct, 12 dB/oct; Peakfilter
Equalizer für Ortsanpassung	Filteralgorithmus	IIR-Filter (infinite impulse response)
	Filteranzahl	4
	Filtertypen	Low-Cut; Low; Mid; High
Delay	Master Delay	0 - 999 ms; 0 - 333 m
	Channel Delay	0 - 92 ms
Endverstärker		
Bassendstufe	Dauerleistung (THD < 0,1%)	400 W
	Peakleistung	500 W
Mitteltonendstufe	Dauerleistung (THD < 0,1%)	230 W
	Peakleistung	280 W
Hochtonendstufe	Dauerleistung (THD < 0,1%)	290 W
	Peakleistung	360 W
Mechanik		
Abmessungen	Höhe	750 mm
	Breite	400 mm
	Tiefe	467 mm
Netto Volumen		80,0 l
Gewicht		65 kg
Lautsprecherbestückung	magnetisch geschirmt	
	Tieftöner	300 mm / 12“
	Mitteltöner	76 mm / 3“
	Hochtöner	25 mm / 1“
Befestigungsmöglichkeit		2 x M20 seitlich / 1 x M20 unten
Montagematerial		LH35 + LH28/LH29 LH36 + LH28/LH29
Gehäuse	Oberfläche	Lack
	Farbe	anthrazit (RAL 7021)
	Sonderlackierungen	optional
Stromversorgung	Versorgungsspannung	230 V AC (160 V - 250 V)
	maximale Leistungsaufnahme	1500 VA